

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет біотехнології і біотехніки**

**Кафедра екобіотехнології та біоенергетики**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Євгеній КУЗЬМІНСЬКИЙ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Екологічна біотехнологія та  
біоенергетика»**

**спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»**

**на тему: «Комплексне біологічне очищення стічних вод міста і хутряної  
фабрики»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи БЕ-61

Ціпух Вікторія Ярославівна \_\_\_\_\_

Керівник:

Проф., д.т.н.,

Саблій Лариса Андріївна \_\_\_\_\_

Рецензент:

К.т.н., асист.

Карпенко Юрій Володимирович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студентка \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет біотехнології і біотехніки  
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Екологічна біотехнологія та біоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Євгеній КУЗЬМІНСЬКИЙ  
(підпис) (ім'я, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.

**ЗАВДАННЯ  
на дипломний проєкт студенту  
Ціпук Вікторія Ярославівна**

1. Тема проєкту «Комплексне біологічне очищення стічних вод міста і хутряної фабрики» керівник проєкту Саблій Лариса Андріївна д.т.н., професор.

затверджені наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проєкту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проєкту: розрахункова витрата стічних вод 56 800 м<sup>3</sup>/добу, з них побутових 55 000 м<sup>3</sup>/добу. Характеристика річки, в яку скидаються стічні води: розрахункова витрата 95% забезпеченості 21 м/с; швидкість течії при розрахунковій витраті 2,1 м/с; середня глибина річки 3,4 м; коефіцієнт звивистості 1,3; вид водокористування: комунально - побутове; відстань по фарватеру річки до найближчого пункту водокористування - 3,0 км; концентрація кисню в воді влітку 6,4 мг/дм<sup>3</sup>; температура води влітку 17 °С; концентрація завислих речовин 22 мг/ дм<sup>3</sup>; БПК<sub>повн</sub> 4,4 мг/ дм<sup>3</sup>.

4. Зміст пояснювальної записки: Перелік умовних позначень; Вступ; Розділ 1. Характеристика сировини. Обґрунтування технології; 1.1 Характеристика стічних вод хутряної фабрики; 1.2 Обґрунтування вибору технології очищення

стічних вод хутряної фабрики; 1.3 Існуючі технології очищення стічних вод хутряної фабрики; 1.4. Вибір технології попереднього локального очищення стічних вод хутряної фабрики; 1.5. Вибір технології біологічного очищення стічних вод міста Ужгород і хутряної фабрики; 1.6. Характеристика біологічного агента; Розділ 2. Біохімічні основи технологічного процесу. 2.1 Схема перебігу процесів; 2.1.1. Схема перебігу процесів у аеротенку; 2.1.2. Схема перебігу процесів у аеробному стабілізаторі; 2.2. Характеристика кінцевого продукту; Розділ 3. Технологічна частина; 3.1 Сировина та матеріали; 3.2 Опис технологічного процесу біологічного очищення стічних вод міста і хутряної фабрики; 3.3 Контроль виробництва; 3.4. Матеріальний баланс; Розділ 4. Вибір і характеристика обладнання; 4.1 Розрахункові витрати стічних вод; 4.2 Розрахунки необхідного ступеня очищення стічних вод; 4.3. Розрахунок очисних споруд; Розділ 5. Безпека праці та охорона довкілля; Висновки; Перелік літературних посилань; Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема (А1), апаратурна схема (А1), аеробний стабілізатор (А1).

6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Пошук літературних джерел		
2	Аналіз процесів утворення стічних вод шкірзаводу та вивчення їх складу. Вивчення існуючих технологій очищення стічних вод хутряної фабрики, вибір та обґрунтування найбільш ефективної технології.		
3	Вибір технології комплексного біологічного очищення стічних вод міста Ужгород і хутряної фабрики. Опис біологічного агента.		
4	Розгляд біохімічних процесів, що відбуваються при очищенні стічних вод в аеротенку та аеробному стабілізаторі.		
5	Визначення параметрів контролю технологічного процесу, очищення стічних вод та розрахунок матеріального балансу.		
6	Розрахунки обладнання, витрат, концентрацій забруднень, необхідний ступінь очищення стічних вод, загальної витрати осадів.		

7	Оформлення правил та вимог безпеки праці та охорони довкілля.		
8	Розробка технологічної, апаратурної схеми, креслення аеробного стабілізатора.		
9	Оформлення пояснювальної записки, графічної частини.		

Студент

\_\_\_\_\_ Вікторія ЦПУХ  
(підпис)

Керівник проєкту

\_\_\_\_\_ Лариса САБЛІЙ  
(підпис)

Ціпук Вікторія Ярославівна

«Комплексне біологічне очищення стічних вод міста і хутряної фабрики»

## РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт складається з 77 сторінок пояснювальної записки та 3 аркушів креслень А1. Склад пояснювальної записки: вступ, 5 розділів, які включають 6 рисунка, 7 таблиць, висновки, 25 літературних посилань і додатки.

Метою дипломного проєкту є вибір та обґрунтування технологічної схеми для попереднього очищення виробничих стічних вод, а також розрахунок споруд біологічної очистки для очищення суміші стічних вод хутряної фабрики та міста.

В проєкті наведено характеристику стічних вод хутряної фабрики; розглянуто склад і властивості аеробного активного мулу в аеротенку та аеробному стабілізаторі; обрано та обґрунтовано технологію попереднього очищення стічних вод хутряної фабрики; за технологією виконано технологічну та апаратурну схему; розраховано необхідний ступінь очищення стічних вод та споруд біологічного очищення.

На підставі розрахованих параметрів розроблено креслення споруди – аеробного стабілізатора. Розраховано матеріальний баланс, вказано параметри контролю та описано заходи з охорони праці і охорони довкілля

КОМПЛЕКСНЕ БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД, ХУТРЯНА  
ФАБРИКА, АЕРОТЕНК, АЕРОБНИЙ СТАБІЛІЗАТОР, АКТИВНИЙ МУЛ,  
ЗАВИСЛІ РЕЧОВИНИ, БІОХІМІЧНЕ СПОЖИВАННЯ КИСНЮ

## ABSTRACT

The diploma project consists of 77 pages of explanatory note and 3 sheets of A1 drawings. The explanatory note contains an introduction, 5 sections, including 6 figures, 7 tables, conclusions, 25 references and an appendix.

The main purpose of the diploma project is to choose and substantiate the most beneficial process flowsheet for industrial wastewater pre-treatment, as well as the calculation of biological treatment facilities for the fur factory and the city wastewater treatment.

The project provides a description of the fur factory wastewater; the composition and characteristics of aerobic activated sludge of aerated tank and aerobic stabilizer are considered; the technology of preliminary wastewater treatment of the fur factory is selected and substantiated; the technological and hardware scheme are executed according to the technology; the required degree of wastewater purification as well as biological treatment facilities are calculated.

The drawing of the aerated tank is developed based on the calculated parameters. The material balance is also calculated, control parameters are specified and measures on labor and environmental protection are described.

COMPLEX BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT, FUR  
FACTORY, AERATION TANK, AEROBIC STABILIZER, ACTIVATED  
SLUDGE, SUSPENDED SOLIDS, BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ.....	12
1.1. Характеристика стічних вод хутряної фабрики.....	12
1.2. Обґрунтування і вибір технології очищення стічних вод .....	16
1.3. Аналіз технологій локального очищення стічних вод хутряної фабрики..	17
1.4. Вибір технології попереднього локального очищення стічних вод хутряної фабрики .....	23
1.5. Вибір технології біологічного очищення суміші стічних вод міста Ужгород та хутряної фабрики.....	25
1.6. Характеристика біологічного агента.....	28
РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ .....	30
2.1. Схема перебігу процесів.....	30
2.1.1. Схема перебігу процесів у аеротенку.....	33
2.1.2. Схема перебігу процесів у аеробному стабілізаторі.....	37
2.2. Характеристика кінцевого продукту .....	39
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	41
3.1 Сировина та матеріали.....	41
3.2 Опис технологічного процесу біологічного очищення суміші стічних вод міста і хутряної фабрики.....	43
3.3 Контроль виробництва.....	49
3.4 Матеріальний баланс.....	53
РОЗДІЛ 4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ.....	55
4.1 Розрахункові витрати стічних вод.....	55
4.2 Розрахунки необхідного ступеня очищення стічних вод.....	58
4.3 Вибір, характеристика, розрахунок споруд біологічного очищення стічних вод.....	

					ЕКБ.БЕ6121.ДП		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ціпук В.Я.			ЗМІСТ	Стадія	Арк.
Конс.							
						7	77
Керів.		Садлій Л.А.				КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ	
Затверд.							

вод.....	61
РОЗДІЛ 5. БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ.....	68
ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71
ДОДАТКИ.....	74

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПАР — поверхнево-активні речовини.

СПАР — синтетичні поверхнево-активні речовини.

ХСК — хімічне споживання кисню.

БСК — біологічне споживання кисню.

БСК<sub>повн</sub> — повне біологічне споживання кисню.

КВП – контрольно-вимірювальні прилади;

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

## Вступ

Питання нестачі та забруднення прісної води не втрачає своєї актуальності вже десятки років. Особливо важливим воно є на даний момент, адже за останні десятиріччя ми можемо спостерігати масштабне збільшення числа промислових підприємств по всьому світі.

Серед промислових об'єктів, які є джерелами забруднення навколишнього середовища, саме підприємства легкої промисловості, найбільш численні.

Хутряна промисловість є досить водоемною галуззю, виробничі стічні води якої мають агресивний склад, високотоксичні та небезпечні для природних водойм, тому їх скид у міську каналізаційну мережу або водойму потребує ретельної або повної очистки.

Господарсько-побутові стічні води окремих міст – це стічні води від санітарних вузлів окремих будинків та інших побутових чи промислових об'єктів, що відводяться у міську каналізаційну мережу. Склад побутових стічних наближено однаковий за забрудненнями.

Метою даного дипломного проекту є обґрунтування і вибір технологій локального очищення виробничих стічних вод хутряної фабрики і біологічного очищення суміші стічних вод фабрики і міста Ужгород та проектування очисних споруд.

Для виконання поставленої мети було виконано такі завдання:

- Використовуючи літературні дані, навести аналіз джерел утворення та характеристику забруднюючих речовин, які потрапляють у виробничі стічні води хутряної фабрики в результаті виробництва хутра.
- Обґрунтувати та вибрати технологію локального очищення виробничих стічних вод хутряної фабрики з доведенням показників забруднень у

					ЕКБ.БЕ6121.ДП		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП		
Розроб.	Ціпук В.Я.						
Канс.							
Керів.	Саблії Л.А.						
Затверд.							
					Стадія	Арк.	Акрюшів
						10	77
					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		

очищеній стічній воді до норм їх скиду до мережі водовідведення міста Ужгород

- Обґрунтувати і вибрати технологію біологічного очищення суміші стічних вод міста.. та локально очищених виробничих стічних вод хутряної фабрики.
- Виконати розрахунок показників стічних вод та гранично-допустимих концентрацій забруднюючих речовин в очищеній воді перед її скидом (ГДС) у річку Уж.
- Розрахувати очисні споруди вибраної технології та спроектувати споруду для обробки осадів – аеробний стабілізатор.
- Виконати креслення технологічної і апаратурної схем прийнятої у проекті технології очищення суміші стічних вод фабрики і міста Ужгород, аеробного стабілізатора на А1.

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

# РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ

## 1.1.Характеристика стічних вод хутряної фабрики

Виробничий ланцюг виготовлення хутра включає у себе наступні стадії: вирощування або закупівля тварин, розробка шкур тварин, хімічна обробка шкур, отримання готового хутра і його транспортування.

Аналіз процесів виділення, фарбування та обробки хутра показує, що близько 30% операцій здійснюється з використанням води. У процесі вичинки і фарбування зі шкур вимиваються білки, жири, кров, жиропіт, а також ряд механічних домішок (пісок, реп'ях) [13].

Процес виробництва хутра складається з таких основних етапів: вичинки, яку здійснюють в сировинних цехах, без зміни забарвлення волосяного покриву і шкіряної тканини; фарбування волосяного покриву або шкіряної тканини у фарбувально-обробних цехах; обробних операцій (розбивання, чесання,

стрижки, відкатки, прасування і т.д.), в яких стічні води не утворюються. У сировинному цеху здійснюють відмочування, міздріння, пікелювання, дублення. Ці операції супроводжуються утворенням стічних вод, забруднених білковими речовинами, жирами, хромом, СПАР, кислотами, органічними та мінеральними домішками. Питома витрата вод у сировинному цеху становить 120-160 м<sup>3</sup> на 1т напівфабрикату [2].

Всі стічні води фабрики діляться на дві категорії: перша – хромовмісні стоки, куди входять всі скиди цеху-сирця (без відмоки) і протруєння, та друга - пофарбовані стоки, куди входять стоки фарбувального цеху (без протруєння) і відмоки. Стоки хутряних фабрик мають високу концентрацію забруднюючих речовин, що ускладнюється їх залповими скидами.

					ЕКБ.БЕ6121.ДП		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Ціпук В.Я.				ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ	Стадія	Арк.
Конс.							
						12	77
Керів.	Садлій Л.А.						
Затверд.						КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ	

У фарбувальному цеху здійснюють моріння, протравлення, фарбування, соління. У каналізацію надходять стічні води, забруднені різноманітними барвниками, хромом, кислотами та лугами, СПАР, органічними речовинами і механічними домішками. Питома витрата стічних вод у фарбувальному цеху становить 240-250 м<sup>3</sup> на 1т сировини, що обробляється. Інтенсивність забарвлення різна – від 1:50 до 1:1000. Технологічний процес вичинки і фарбування складається більш ніж із 130 обробіток, в яких використовують хімічні матеріали і барвники приблизно 27 найменувань [9].

До складу барвників, речовин-брудовідштовхувачів входять іони важких металів, таких як кадмій, хром, мідь, цинк, залізо, кобальт, нікель. Ці йони зазвичай виявляють у стічних водах. Вони є показниками забруднення, які підлягають жорсткому контролю, що зумовлено їхнім негативним впливом не лише на навколишнє середовище, а й на системи очистки стічних вод. і стоки операцій обезжирювання-миття [13].

Особливістю стічних вод хутряних підприємств є утворення забруднених вод, для яких характерне їх інтенсивне забарвлення. Інтенсивність забарвлення стоків після фарбування хутра і їх промивок залежить від кольору в застосовуваних барвників і коливається в межах від 1:30 000 після фарбування в чорний колір до 1:800 при повторному другому промиванні після фарбування. Поряд з барвниками, забарвлені стічні води містять й інші супутні органічні і мінеральні забруднення. Це синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), ароматичні вуглеводні, органічні й мінеральні кислоти, хлориди, сульфати, іони важких металів. Забарвлені стоки характеризуються незначним вмістом завислих речовин (0,1-0,5 г / дм<sup>3</sup>), лужною реакцією середовища (рН = 7,5-9,2), високими БСК. Вміст у фарбувальній ванні різноманітних барвників й іонів металів від протравних операцій призводить до утворення продуктів спільного окиснення, що представляють собою комплексні сполуки. Таке різноманіття складників забарвлених стічних вод, які здебільшого є токсичними і біохімічно важко окиснюваними, зумовлює складність знешкодження забарвлених стічних вод.

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Стічні води хутряних підприємств містять хром (III і VI), окисні барвники, формалін, пероксид водню, органічні і мінеральні кислоти.

До найбільш токсичних сполук відносять солі хрому і феноловмісні барвники. Наявність цих домішок вимагає розробки і освоєння спеціальних методів осадження та фільтрації стічних вод [2].

Обсяги і склад стічних вод на підприємствах неоднакові в різний час доби і днів тижня. У перші дні тижня на підприємствах, які переробляють овчини, переважають стоки відмочно-мийних операцій, що містять СПАР і продукти, що вимиваються з тваринної сировини. Іншою особливістю хутряного виробництва є неоднакова тривалість технологічного циклу для різних видів сировини і для одного виду з різними показниками. Так, обробка хутряної овчини триває 8-12 днів, а хутра каракулю та козлика - 13-20 днів. Також відрізняється час, який витрачається на проведення тих чи інших технологічних операцій – від 20 хв на промивку до 24 год. на відмочування. Це призводить до великої нерівномірності надходження стічних вод у каналізаційну мережу, а також коливання концентрацій забруднень у ній [2].

На хутряній фабриці окрім виробничих, утворюються господарсько-побутові стічні води та збираються атмосферні води. З території підприємств їх відводять окремими мережами. Побутові стічні води, дощові і виробничі стічні води фабрики скидаються в міську каналізацію після попередньої їх очистки на локальних очисних спорудах[13].

Таблиця 1.1. Характеристика стічних вод хутряної фабрики [6].

Показник	Концентрація, мг/дм <sup>3</sup>
Завислі речовини	500-2500
Хром (III) і (VI)	10-60
СПАР	40-110
ХСК	2500-7000
pH	3,5-5,1
Жири	3500

Можна спостерігати високу величину забруднень стічної води хутряної фабрики, дані концентрації забруднень будуть негативно впливати на біоценоз активного мулу при біологічному очищенні викликаючи його спухання. Спухання активного мулу - досить поширене явище, оскільки факторами, які передують його розвитку, є поява в стічних водах речовин, токсичних для біоценозу активного мулу. Ними можуть бути важкі метали і їх солі, аміак, сірка, деякі органічні речовини (феноли, нафтопродукти, пестициди), але найбільш небезпечно їх спільна дія. До основних факторів, які можуть несприятливо впливати на активний мул, провокувати або посилювати порушення його функціонування відноситься склад стічних вод, що надходять на очистку. До складу стічних вод входять евтрофікуючі речовини (біогенні елементи), речовини здатні викликати дефіцит кисню в мулової суміші; речовини інертні до біохімічного окислення, токсичні речовини, що вражають функції дихання, ферментативного окислення у організмів активного мулу або вбивають їх. Всі промислові домішки, присутні в стічних водах, в тій чи іншій мірі несприятливо впливають на нормальне функціонування і життєздатність активного мулу. особливу проблему представляють токсичні стічні води, особливо, якщо в їх склад входить відразу кілька токсикантів[23].

Саме через цю низку факторів, стічну воду необхідно обов'язково піддавати попередньому очищенню перед подачею на біологічне очищення.

## 1.2. Обґрунтування вибору технології очищення стічних вод хутряної фабрики

При очищенні стічних вод хутряної фабрики є два варіанти вирішення проблеми.

Перший це повне очищення води на локальних очисних спорудах до допустимих норм скиду у річку. Другий – це очищення стічних вод до рівня, допустимого для скиду у міську систему водовідведення. У визначенні технології очистки необхідно керуватися її ефективністю (відповідністю якості очищеної стічної води нормам скиду), безпечністю для навколишнього середовища та економічною вартістю очисних споруд та собівартістю очищення стічних вод.

Через різноманітність фізико-хімічних характеристик забруднюючих речовин стоків хутряної фабрики можна стверджувати про необхідність попереднього фізико-хімічного очищення стічних вод. Його здійснюють з метою затримати речовини, які перешкоджають роботі каналізаційних очисних споруд, насосів, експлуатації трубопроводів та здійснюють токсичний вплив на мікроорганізми наступного біологічного очищення.

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



### 1.3.Існуючі технології очищення стічних вод хутряної фабрики

Токсичність стічних вод на хутовому виробництві обумовлюється наявністю у них хрому (III), хрому (VI), цинку, феруму, нікелю, цирконію, барвників, міді, кобальту та формаліну[4].

Для очищення стічних вод використовують фізико-хімічні методи очищення стічної води, до яких відносять такі: реагентні (коагуляція), флотацію, сорбцію, іонний обмін, кристалізацію, екстракцію, та біологічні методи, які при очищенні стічних вод є найбільш ефективними у видаленні з води органічних сполук. В їх основі покладено здатність мікроорганізмів використовувати речовини, що містяться в стічних водах, як джерело живлення. Біологічне очищення може відбуватися як в природних, так і в штучних умовах[3,5].

Коагуляцію застосовують при розмірі частинок забруднень 0,1-0,01 мкм, колоїдні частинки коагулянтів адсорбують забруднення і у вигляді пластівців осідають на дно споруди. В якості коагулянтів використовують солі алюмінію, заліза та магнію.

Метод флотації зазвичай використовують для очищення стічних вод від завислих та органічних речовин. Розрізняють напірну, імпелерну та флотацію із застосуванням пористих матеріалів. При напірній флотації забруднення видаляються за допомогою бульбашок повітря і зосереджуються у вигляді піни на поверхні, звідки видаляються. Коагуляцію часто поєднують із флотацією, адже їх одночасне застосування підвищує ефективність очищення.[4].

При сорбції видалення забруднюючих речовин відбувається з допомогою поглинання забрудника певним сорбентом. Характер поглинання залежить від природи сорбенту, розрізняють: абсорбенти, адсорбенти та хімічні сорбенти. Переважно користуються адсорбцією, де у якості сорбенту найчастіше виступає зола, активоване вугілля, торф, силікагелі. Процес очищення може проходити двома способами, подрібнений адсорбент змішують із стічною водою та відділяють відстоюванням або пропускають стічну воду через насипний фільтр – шар адсорбенту, у даному випадку швидкість фільтрації 1-12 м/год при розмірі

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

частинок адсорбенту 0,8-5 мм[3].

При застосуванні іонного обміну, відбувається процес обміну між іонами солей, присутніми у СВ, та іонами. Очищення стічних вод даним методом дозволяє вилучати й утилізувати цінні домішки (сполуки миш'яку, фосфору, хром, цинк, свинець, мідь, ртуть та ін.). За зарядом іоніти поділяються на катіоніти і аніоніти, які проявляють, відповідно, кислотні та основні властивості.

Кристалізація допомагає звільнитися від забруднюючих речовин способом виморожування, забруднення видаляються із СВ у вигляді кристалів. Процес кристалізації часто відбувається у природних водоймах та є ефективним при високій концентрації забруднюючих речовин.

Метод екстракції полягає у видаленні забруднюючих речовин з використанням екстрагенту (феноли, кислоти), сконцентровані в екстрагенті забруднення легко відділяться від розчинника. Даний метод є економічно вигідним при високій концентрації забруднень[3].

Для очищення стічних вод від важких металів також використовують реагентний метод. Суть його полягає в перетворенні розчинених у воді речовин на нерозчинні при додаванні різних реагентів з наступним відділенням їх від води у вигляді осадів. В якості реагентів для видалення із стічних вод іонів важких металів використовують гідроксиди кальцію і натрію, карбонат натрію, сульфід натрію, різні відходи, наприклад ферохромовий шлак. Найбільш широко використовують гідроксид кальцію. Осадження металів відбувається у вигляді гідроксидів. Процес проводять за різних значень рН. Недоліком реагентного методу є втрата цінних речовин разом із осадом. Застосування методу феритизації дозволяє легко відділити магнітною сепарацією нерозчинні та хімічно інертні осади з щільною феритною структурою, а отже - з підвищеною екологічною безпечністю. При цьому досягається високий ступінь очищення води, що дозволяє ліквідувати скидання токсичних стічних вод у водойми та скоротити витрати води за рахунок використання очищеної води в оборотній системі водопостачання. Час проходження даного процесу залежить від

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

температури і складає 20-30 хв за температури  $\geq 60$  С та більше години за температури 30 С[4].

Прогресивним розвитком методів природного біологічного очищення є біоінженерні споруди типу біоплато. Це штучна система очищення стічних вод, що має ряд характеристик природного біоплато. Для очищення стічних вод в цій системі застосовують різні гідробіоти: мікроорганізми, водорості, вищі рослини і т.д. Очищення можливе як в аеробних, так і в анаеробних умовах. При протіканні стічних вод через шари завантаження іони важких металів фіксуються на шарі завантаження, при цьому відбувається ряд складних процесів адсорбції, комплексоутворення, осадження. У процесі росту мікроорганізмів деякі важкі метали поглинаються ними і беруть участь в різних клітинних процесах, використовуючи, наприклад, мідь і цинк для синтезу власних ферментів, РНК, ДНК[4].

Одним із біологічних методів є осадження іонів важких металів біогенним сірководнем, який в анаеробних умовах здатні утворювати сульфаторедукуючі бактерії. При взаємодії сірководню з іонами металів утворюються малорозчинні або нерозчинні сульфіди металів. При цьому кількість утвореного осаду є значно меншою ніж при використанні біомаси як сорбенту [2].

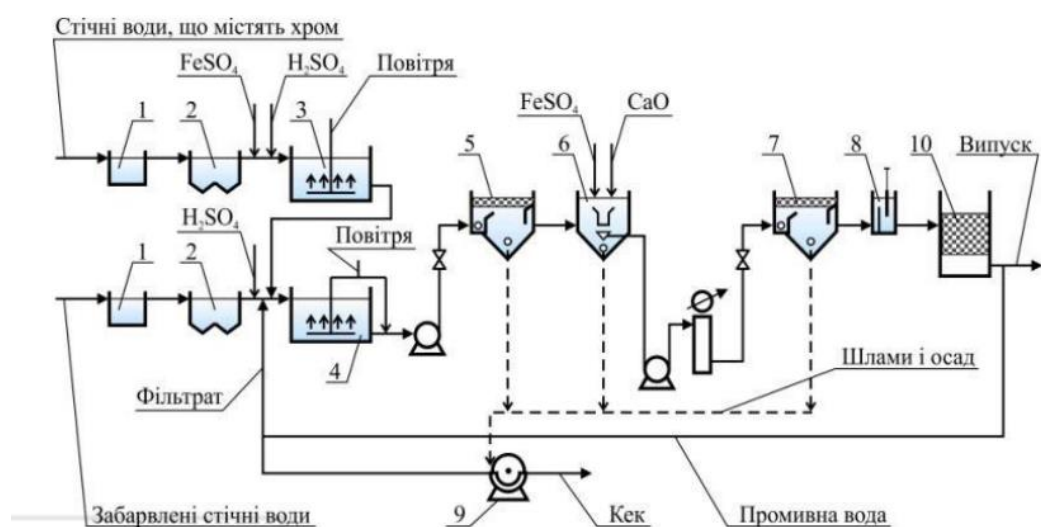


Рис. 1.3.1. Схема очищення стічних вод хутряної фабрики [2].

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

1 – решітка; 2 – пісковловлювачі; 3 – усереднювач-реактор стічних вод, що містять хром; 4 – усереднювач-реактор змішаних стічних вод;

5 – безнапірна флотаційна установка; 6 – камера реакції; 7 – напірна флотаційна установка; 8 – збірник очищеної води; 9 – вакуум фільтр;

10 – пінополістирольний фільтр

У першій запропонованій технології очищення стічних вод хутряної фабрики використано метод реагентної обробки обробку із двоступінчастим флотаційним проясненням.

В якості відновника шестивалентного хрому в усереднювач стічних вод подають сірчаноокисле залізо в кількості, що рівноцінно відповідає концентрації шестивалентного хрому. Також подають сірчану кислоту для зниження та корегування рН (2,5-3,0). В усереднювач забарвлених вод подається сірчана кислота для підтримування сталого рН 4,0-4,5 задля коагулювання сполук білкової природи і часткового знебарвлення. Після проведення даних операцій прояснення суміші відбувається безнапірною флотацією, далі стічні води направляють у камеру коагуляції, для обробки вапном та перетворення сполук заліза в гідроксид, тим самим, для його коагуляції[2].

У камеру реакції подається сірчаноокисле залізо для коректування його дози з метою поліпшення коагулювання. Отримані продукти коагуляції відокремлюють на установці напірної флотації, далі воду пропускають крізь пінополістирольні фільтри. Дана технологія дозволяє досягти високого ступеня очищення стічних вод табл 1.3.1 [2].

Таблиця 1.3.1 Характеристика забруднень стічної води, на різних етапах очищення [2]

Показник забруднення	На вході	Після безнапірної флотації	Після напірної флотації	Після фільтрів
Завислі речовини (з урахуванням коагуляції)	2500	1300	130	65
Хром	105	90	10	2,0

СПАР	120	70	20	15
Барвник	40	20	10	4,0
Жири, масла	350	50	5,0	2,0
БСК <sub>повн</sub>	2000	1200	900	800

Дана технологія не дозволяє досягнути норм скиду у міську систему водовідведення.

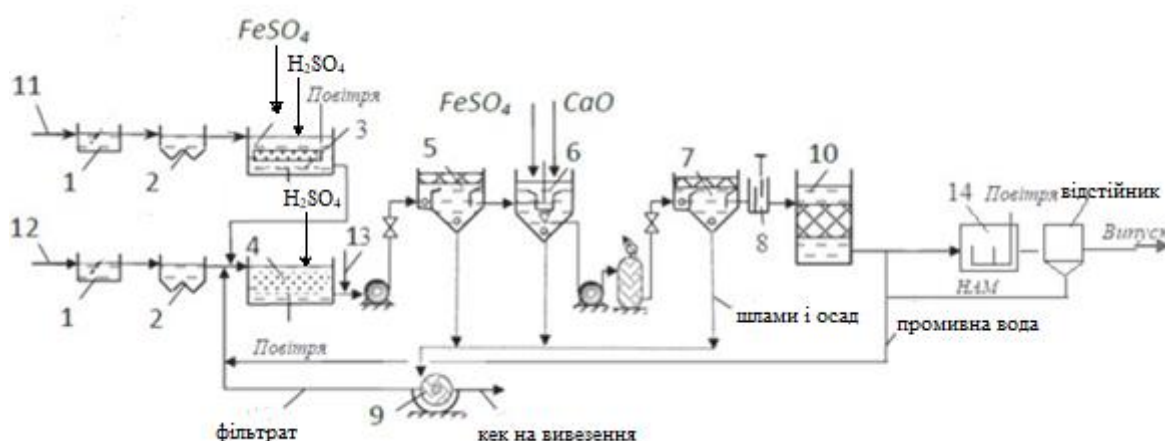


Рис. 1.3.2. Технологія очищення стічних вод хутряної фабрики[2]:

1 – решітка; 2 – пісковловлювачі; 3 – усереднювач-реактор стічних вод, що містять хром; 4 – усереднювач-реактор змішаних стічних вод;

5 – безнапірна флотаційна установка; 6 – камера реакції; 7 – напірна флотаційна установка; 8 – збірник очищеної води; 9 – вакуум-фільтр;

10 – пінополістирольний фільтр; 11 – стічні води, що містять хром;

12 – забарвлені стічні води; 13 – повітря; 14 – аеротенк;

У другій технології очищення запропоновано здійснювати в роздільних стоках - хромовмісних та забарвлених вод через те, що вони потребують різних технологій реагентної обробки. Першим етапом є механічна очистка стічних вод з метою видалити з води нерозчинні мінеральні та органічні забруднення. Після чого, в усереднювач для стічних вод, які містять хром, подають сірчаноокисле залізо в якості відновника шестивалентного хрому і в кількості, яка відповідає концентрації шестивалентного хрому, та сірчану кислоту – для корегування рН у межах рН (2,5-3,0). [2]. В усереднювач забарвлених вод подають сірчану

кислоту для підтримання рН 4,0 – 4,5 з метою коагулювання білкових сполук і часткового знебарвлення. Далі відбувається освітлення стічних вод безнапірною флотацією, після чого стічні води спрямовують у камеру коагуляції, для їх обробки вапном для підтримання рН, що сприяє коагуляції - перетворивши сполуки заліза на гідроксид. Щоб видалити продукти коагуляції застосовують установку напірної флотації, після чого СВ пропускають крізь пінополістирольні фільтри. Наступним етапом доочищення СВ є очищення у аеротенку із зниженням показника БСК [2].

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

#### 1.4. Вибір технології очищення стічних вод хутряної фабрики

З вище проаналізованих очищення можна стверджувати що найкращою є технологія з роздільним очищенням хромовмісних та забарвлених стоків хутряної фабрики з подальшою реагентною обробкою та застосуванням базнапірної і напірної флотації, а також біологічного очищення для отримання значення показника БСК і концентрацій інших забруднень, що відповідають нормам скиду в міську систему водовідведення. Технологія, обрана в даному проекті для попереднього локального очищення стічних вод хутряної фабрики[2].

Показники очищення від забруднень на різних етапах очистки наведені в таблиці 1.4.1.

Таблиця 1.4.1. Якість очищення стічних вод хутряної фабрики[2].

Показник забруднення	На вході	Після безнапірної флотації	Після напірної флотації	Після фільтрів	Після біологічного очищення
Завислі речовини (з урахуванням коагуляції)	2500	1300	130	65	65
Хром	105	90	10	2,0	2,0
СПАР	120	70	20	15	15
Барвник	40	20	10	4,0	4,0
Жири, масла	350	50	5,0	2,0	2,0
БСК <sub>повн</sub>	2000	1200	900	800	350

Таблиця 1.4.2 Норми скиду стічних вод у міську каналізаційну систему та природню водойму [1].

Показники	Скид у міську каналізацію Концентрація 2,0	Скид у водойму Концентрація в мг/дм <sup>3</sup>
Завислі речовини	<300	< 20
БСК	< 350	< 15
ХПК	-	< 75
Азот	< 150	< 10
Хром	< 2,5	< 0,2
Сульфідн(S <sup>2-</sup> )	< 1,0	< 0,1
Феноли	< 5	< 0,1
Жири	< 60	-
Кисень	-	5
pH	6-10	6,5-8,5
Температура °C	< 40	< 30



## 1.5 Вибір технології біологічного очищення стічних вод міста Ужгород і хутряної фабрики

Для очищення стічних вод запропоновано використати технологію, яка зображена нижче.

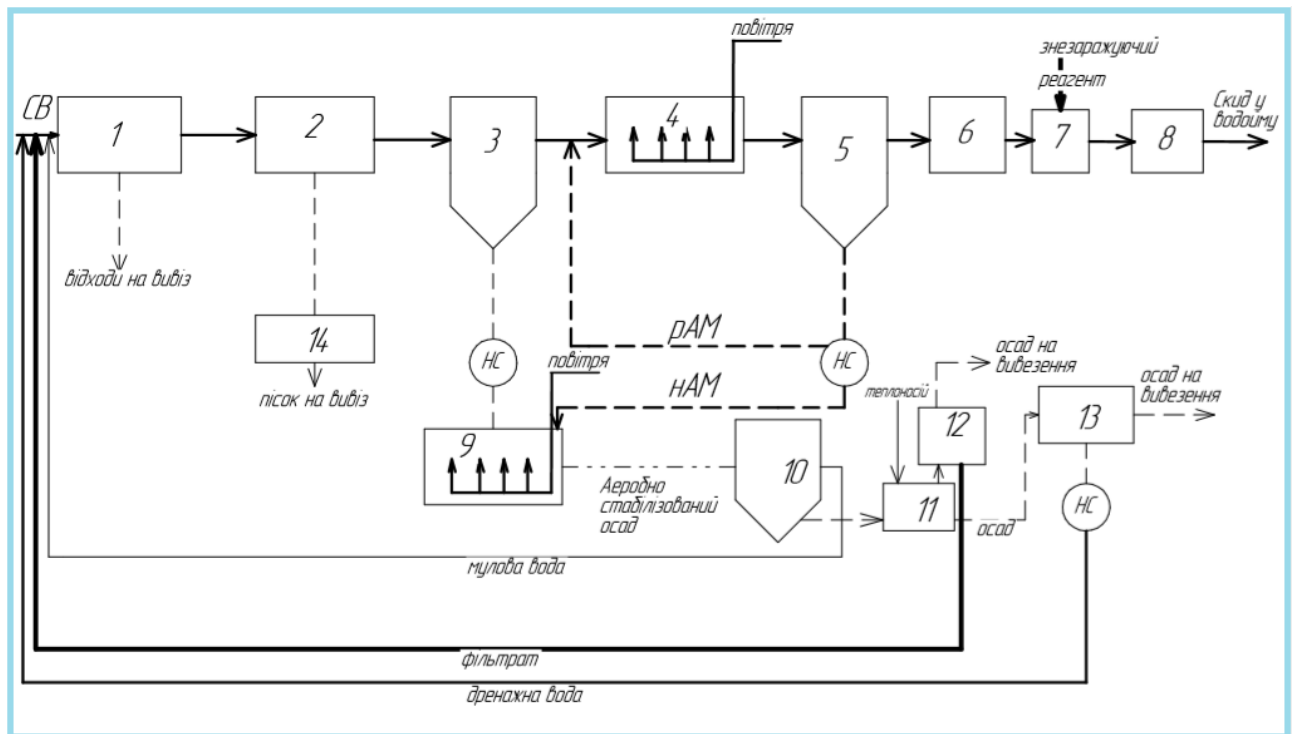


Рис.1.5.1.Технологія очистки стічних вод :

1 — решітки; 2 — пісковловлювач; 3 — первинний відстійник; 4 — аеротенк; 5 — вторинний відстійник; 6 — біологічні ставки, 7 — змішувач води з знезаражуючим агентом; 8 — контактний резервуар; 9 — аеробний стабілізатор; 10 — ущільнювач осаду; 11 — камера дегельмінтизації, 12 — фільтр-прес, 13 — аварійні мулові майданчики; 14 — піскові майданчики.

Метод механічної очистки стічних вод відбувається з використанням решіток, пісковловлювачів та первинних відстійників. Решітки затримують грубодисперсні часточки (шматки поліетилену, папір, інші великі шматки різних матеріалів, що можуть міститись у побутових стічних водах) [9].

Пісковловлювачі призначені для затримання дрібних частинок піску, ґрунту і т.д. Пісок, що залишається на пісковловлювачах видаляється з них ітаспрямовується на спеціально обладнані піскові майданчики[15].

В первинних відстійниках у процесі відстоювання відбувається освітлення стічних силою гравітаційного осадження нерозчинних домішок, що мають густину, більшу ніж густина води, і спливання нерозчинних домішок з густиною меншою, ніж густина води (жири, масла, нафтопродукти). Завислі речовини затримуються у первинних відстійниках. На відміну від локальних очисних споруд для виробничих стічних вод на міських очисних станціях не влаштовуються спеціальні жиро, нафто- чи смолоуловлювачі. Ці функції виконують первинні відстійники, які обладнуються спеціальними пристроями для збирання і видалення спливаючих домішок. Сирий осад після відстоювання подається на стабілізацію разом із надлишковим активним мулом в аеробний стабілізатор [15].

Для біологічної очистки найчастіше використовується аеротенк, тому що аеротенк є оптимальним вибором за умови, що добове навантаження складає 30000-80000 м<sup>3</sup>/добу, та він на відміну від біофільтра - забезпечує більш якісну очистку стічних вод.

Після аеротенку вода потрапляє у вторинний відстійник, в якому відокремлюються мул та очищена вода. Частина мулу - рециркуляційний, повертається до аеротенку, а надлишковий мул відводиться в аеробний стабілізатор, адже містить багато органіки, тому він має бути стабілізований[15].

Після відстоювання освітлена фракція подається на знезараження. Знезараження — обов'язкова стадія очистки стічних вод, адже освітлена фракція все ще може містити яйця гельмінтів і патогенну мікрофлору. В якості знезаражувача обрано газоподібний хлор.Хлор є сильним окисником, який окиснює ферменти більшості бактерій. Хлор-газ у вигляді хлорної води дозують у стічну воду та змішують зі стічною водою у споруді - змішувачі. Процес знезараження відбувається у контактному резервуарі[9].

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

В якості споруди для стабілізації осадів прийнято використання аеробного стабілізатора[14].

Після стабілізатора, аеробно стабілізований осад потрапляє на стадію дегільмінтизації, де в камері відбувається його прогрів до 65 °С для знищення яєць гельмінтів і патогенної мікрофлори.

На випадок несправності обладнання – мулових майданчиків 20% осаду спрямовують на аварійні мулові майданчики. Далі осад надходить на фільтрпреси. Зневоднений стабілізований осад вивозиться[15].

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

## 1.6 Характеристика біологічного агента

Головним компонентом біологічного очищення виступає - активний мул, який складається з живих організмів і твердого субстрату. Живі організми представлені скупченнями бактерій, одноклітинних, найпростішими червами, пліснявими грибами, дріжджами, актиноміцетами і досить рідко - личинками комах, рачків, іноді водоростями і ін. Сукупність живих організмів, що населяють мул формують біоценоз активного мулу. Який передусім представлений дванадцятьма видами мікроорганізмів і найпростіших[12].

Угрупування бактерій в активному мулі оточені слизовим шаром (капсулами). Такі скупчення називаються зооглеями. Вони сприяють поліпшенню структури мулу, його осадженню і ущільненню. У складі слизового шару містяться антибіотики, здатні пригнічувати розмноження ниткових бактерій. Співвідношення капсульних і безкапсульних штамів називають коефіцієнтом зооглейності. Бактерії, у яких відсутній слизовий шар повільніше окиснюють забруднення[19].

Активний мул являє собою амфотерну колоїдну систему,  $pH = 4-9$ , з негативним зарядом. Незважаючи на істотні відмінності стічних вод елементний хімічний склад різних видів активного мулу досить близький.

Суша речовина активного мулу містить 70-90% органічних і 10-30% неорганічних речовин. Субстрат, якого в активному мулі може бути до 40%, це тверда частина відмерлих залишків водоростей і різних твердих залишків. До нього прикріплюються організми активного мулу. В активному мулі знаходяться організми різних груп, виникнення яких залежить від складу стічних вод, вмісту в них кисню, їх температури,  $pH$  середовища, вмісту солей окисно-відновного потенціалу та інших факторів. За екологічним групам мікроорганізми діляться на аеробів і анаеробів, термофіли і мезофіли, галофіли і галофоби. При очищенні промислових стічних вод переважають аеробні мікроорганізми[12].

В активному мулі зустрічаються представники чотирьох видів найпростіших: саркодові, джгутикові, війчасті і сисні інфузорії. Найпростіші

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

організми безпосередньо не беруть участь в утилізації органічних забруднень , але вони поглинають велику кількість бактерій (одна інфузорія пропускає через себе від 20 до 40 тис. бактерій), підтримуючи їх оптимальний вміст у мулі. Вони сприяють осадженню мулу і освітленню стічних вод. Коловертки - мікроскопічні організми довжиною 0,01-2,5 мм - існують тільки при наявності в стічній воді кисню. Вони харчуються бактеріями та найпростішими [12].

Дані групи бактерій містяться в активному мулі в певних співвідношеннях, але в залежності від складу стічних вод переважає одна з груп, а інші їй супроводжують. Тільки основна група бактерій бере участь в процесі очищення стічних вод, а супутні групи мікроорганізмів готують середовище для існування цієї основної групи, забезпечуючи її поживними та ростовими речовинами і утилізуючи продукти окиснення. Біомаса основної фізіологічної групи бактерій, які ведуть процес окиснення, становить в мулі 80–90 %, а решта біомаса супутніх бактерій та інших організмів. При утворенні активного мулу спочатку з'являються бактерії, потім найпростіші. Бактерії виділяють речовини, що стимулюють розмноження найпростіших, які володіють клейкою здатністю, тому активний мул являє собою буро-жовті грудочки і пластівці розміром 3-150 мкм[19].

Поверхня поглинання пластівці активного мулу 1200 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> мулу (100 м<sup>2</sup> на 1 г сухої речовини). У 1 м<sup>3</sup> активного мулу міститься  $2 \cdot 10^{14}$  бактерій.

Якість мулу визначається швидкістю його осадження і ступенем очищення рідини. Великі пластівці осідають швидше, ніж дрібні. Стан мулу характеризує муловий індекс, який являє собою відношення обсягу осадженої частини активного мулу до маси висушеного осаду (в грамах) після відстоювання протягом 30 хвилин. Чим гірше осідає мул, тим вищий муловий індекс він має. Личинки комарів і мух, черви і кліщі поїдають активний мул, викликаючи її розпушуванню - це сприяє процесу очищення[2,12].

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

## РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 2.1. Схема перебігу процесів

Механізм вилучення з стічних вод органічних речовин носить досить складний і багатоступінчастий характер взаємопов'язаних і послідовних біохімічних реакцій. При очищенні стічних вод, що містять суміш різноманітних за хімічним складом забруднень, біомаса, що здійснює очистку, складається з різних видів мікроорганізмів і найпростіших зі складними відносинами між ними на рівні ферментативних реакцій. В аеротенках мікробна біомаса перебуває у вигляді пластівців активного мулу[12].

З інженерної точки зору визначальним для технологічного і конструктивного оформлення процесу біологічної очистки є швидкість вилучення забруднень з води, що очищається, в процесі біохімічних реакцій.

Серед основних закономірностей розвитку колоній мікроорганізмів можна виділити наступні фази:

1. Лаг-фаза, або фаза адаптації, яка спостерігається відразу після введення мікробіальної культури в контакт з живильним середовищем і в якій практично не відбувається приросту біомаси.
2. Фаза експоненційного росту (фаза прискореного росту) мікроорганізмів, в якій надлишок поживних речовин і відсутність (або вельми незначна присутність) продуктів обміну речовин сприяють підтриманню максимально можливого в даних умовах швидкості розмноження клітин.
3. Фаза уповільненого росту, в якій швидкість росту біомаси починає все більше стримуватися в міру виснаження поживних речовин і накопичення продуктів метаболізму в поживному середовищі.

					ЕКБ.БЕ6121.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ціпчук В.Я.			БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	Стадія	Арк.	Акресив
Конс.								
							30	77
Керів.		Садлії Л.А.						
Затверд.						КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ		

4. Фаза нульового росту (або припинення росту), в якій спостерігається практично стаціонарне зростання в кількості біомаси, що свідчить про рівновагу між наявністю поживних речовин і накопиченою біологічною масою мікроорганізмів.
5. Фаза ендогенного дихання (або фаза самоокиснення), в якій через недостатку харчування розпочинається відмирання і розпад клітин, що ведуть до зниження загальної кількості біомаси в біологічному реакторі[12].

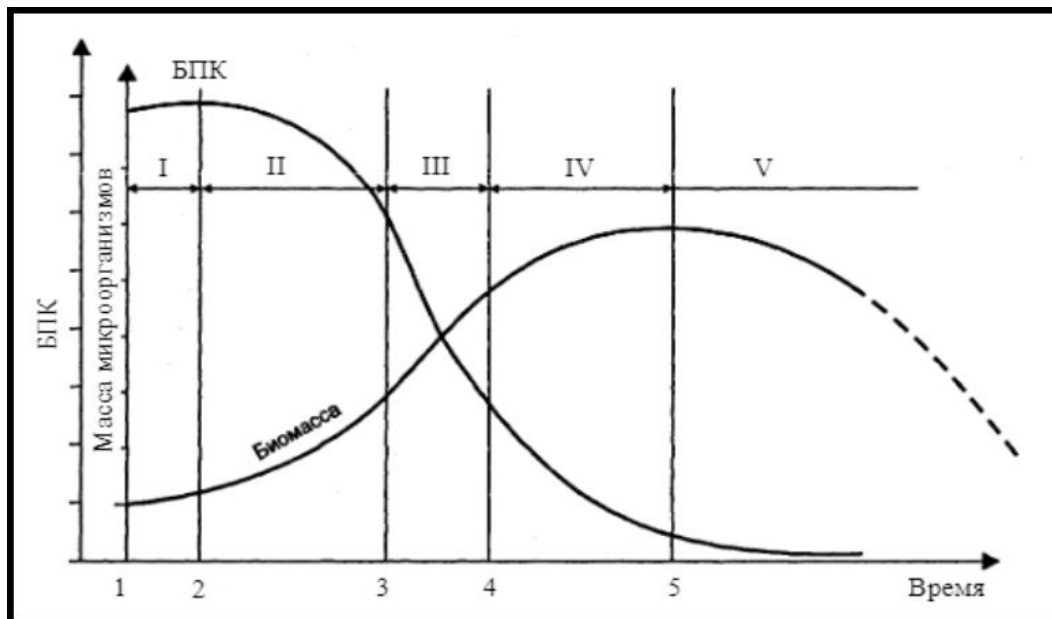


Рис.2.1.1. Залежність приросту біомаси в аеробних умовах від концентрації поживних речовин[12]

З рис. 2.1.1. видно, що зазначеним фазам росту мікробної біомаси відповідає і динаміка зміни концентрації поживних речовин, виражених через БПК.

Це дозволяє зробити наступні висновки:

1. При біологічному очищенні значна частина забруднень стічної води в результаті метаболічної активності мікроорганізмів та сорбційної здатності активного мулу перетворюється в біологічну масу, яка порівняно легко відділяється від очищеної води;

2. Тривалість видалення і окиснення органічних забруднень зі стічної води буде тим коротшою, чим довше маса мікроорганізмів буде контактувати із забрудненнями;
3. При зменшенні вмісту органічних речовин у воді, що очищається, нижче певної межі життєдіяльність мікроорганізмів триває, але вже або за рахунок накопичених поживних речовин, або за рахунок їх власної маси, т.обто відбувається відмирання і окиснення мікроорганізмів зі зниженням загальної їх маси (процес самоокиснення)[12].

					<i>ЕКБ.БЕ6121.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



### 2.1.1. Схема перебігу процесів у аеротенку

На сучасних станціях очистки стічних вод аеротенки є найпоширенішими спорудами біологічного очищення. Також аеротенки – найбільші й енергозатратні ємнісні споруди станцій очищення стічних вод. На стадії біологічного очищення видаляється не тільки основна маса органічних забруднень, але й забезпечується очищення від сполук азоту й основної частини сполук фосфору. Технічні й технологічні рішення, прийняті для аеротенків, багато в чому визначають як якість очищеної води, так і енергетичні характеристики станції очищення в цілому[19].

Аеротенк – резервуар, у якому повільно рухається суміш активного мулу й стічних вод. Для забезпечення нормального перебігу процесу біологічного окислення у аеротенк повинен безперервно надходити кисень. Активний мул являє собою біоценоз мікроорганізмів – мінералізаторів, які здатні сорбціювати на своїй поверхні й окислювати органічні речовини стічних вод. Основний процес, що відбувається при біологічному очищенні стічних вод – це біологічне окислювання. Тривалість процесу очищення міських стічних вод в аеротенку – 2–6 год, виробничих – 8 год. і більше [24].

У процесі біологічного очищення стічних вод в аеротенках розчинені органічні речовини, а також тонкодисперговані й колоїдні речовини, що не випадають в осад, переходять в активний мул, спричиняючи приріст вихідної біомаси. Слід зазначити, що в процесі окислювання органічних речовин розмножуються аеробні мікроорганізми, і біомаса активного мулу збільшується, тому частину активного мулу повертають в аеротенк (циркуляційний активний мул), а частину (надлишковий активний мул) направляють на зневоднення рис.1.2.1.1[12].

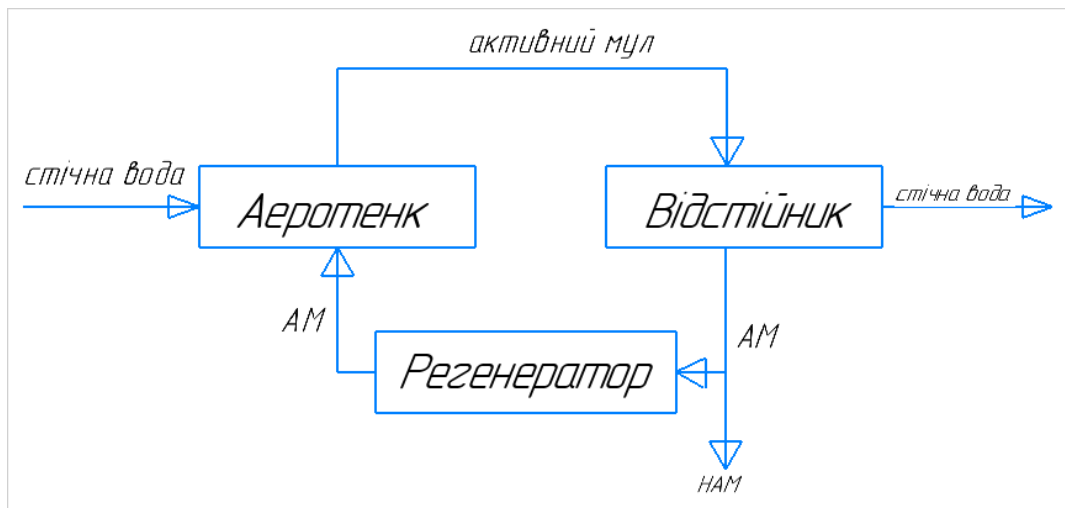


Рис.1.2.1 Схема очищення води в аеротенку

За будовою аеротенки представлені у вигляді відкритої ємності у формі довгого коридору, в яку з одного боку безперервно подають стічну воду і біомасу мікроорганізмів (у вигляді водної суспензії). Утворена суміш безперервно рухається по коридору, повністю заповнюючи його, і з боку, протилежно до введення, безперервно виводиться [24].

В процесі руху по аеротенку суміш безперервного насичується киснем за рахунок того, що на дні в аеротенках встановлені спеціальні аераційні елементи, в які безперервно подають повітря, елементи забезпечені отворами, через які повітря і проникає в суміш рідини, що рухається, бульбашки повітря контактують з нею та певна кількість кисню безперервно розчиняється у воді.

Мікроорганізми активного мула засвоюють поживні речовини, які містяться у воді, за рахунок цього розмножуючись. Таким чином загальна біомаса мікроорганізмів в середовищі, що виходить з аеротенку, більша, ніж на вході в аеротенк, а концентрація забруднень у воді знижується і при вдалій організації процесу ступінь видалення забруднень може досягати 95% і більше.

Аерація необхідна для того, щоб забезпечити дихання мікроорганізмів а тим самим збільшення ефективності видалення забруднень [17].

Таким чином, з аеротенків відводиться очищена стічна вода, з якої видалені забруднення. Залишається лише відокремити суспензію мікроорганізмів від біологічно очищеної води і повернути їх назад в аеротенк.

Для цього весь потік з аеротенку направляють у відстійник, в якому він розділяється на біологічно очищену воду і осад [19];

Осад представляє собою рухливу суспензію з концентрацією завислих речовин 0,4-0,8% і більше), що повертають в аеротенк і при цьому відокремлюють (на подальшу утилізацію) деяку частину суспензії, рівноцінну приросту біомаси мікроорганізмів в аеротенку [12].

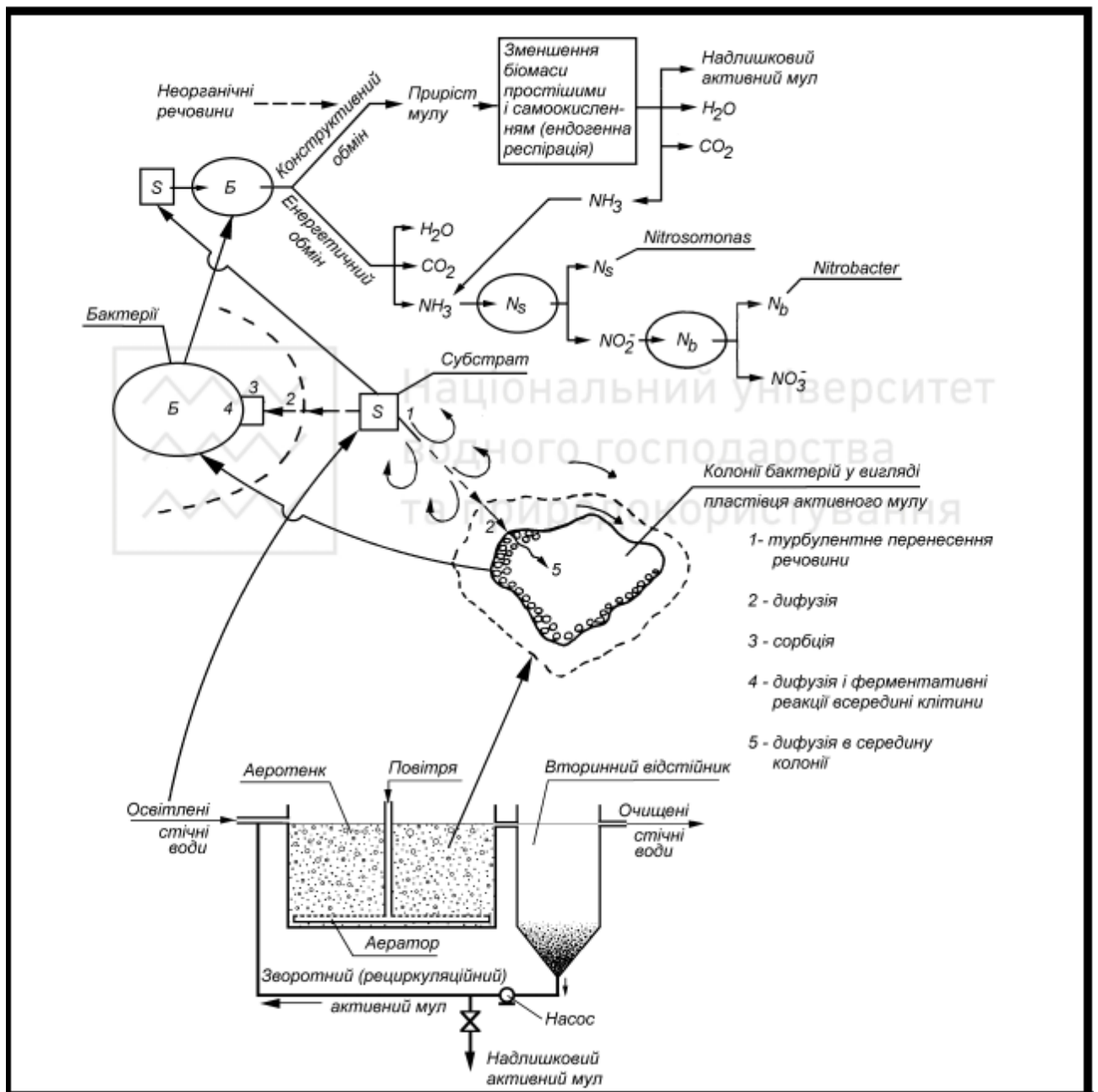


Рис.1.2.2 Схема перебігу процесів у аеротенку [10]

Для руйнування складних сумішей органічних речовин необхідні різні види ферментів, кожен з них має свою оптимальну температуру, вище якої швидкість реакції падає. Процес біологічного окислення складається з безлічі

ступенів і починається з розщеплення органічної складової та виділенням активного водню[19].

Ферменти, які синтезуються клітинами у відповідь на зміну зовнішнього середовища, називаються адаптивними. Термін адаптації становить від декількох годин до сотень днів. Сумарні реакції біохімічного окислення в аеробних умовах можна схематично представити в наступному вигляді:

- 1)  $C_xH_yO_zN + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + NH_3 + \Delta H$
- 2)  $C_xH_yO_zN + NH_3 + O_2 \rightarrow C_5H_7NO_2 + CO_2 + H_2O + \Delta H$
- 3)  $C_5H_7NO_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + NH_3 + \Delta H$
- 4)  $NH_3 + O_2 \rightarrow HNO_2 + O_2 \rightarrow HNO_3$

Де,  $C_xH_yO_zN$  – всі органічні речовини стічних вод,  $\Delta H$  – енергія,  $C_5H_7NO_2$  – умовний запис модельної клітинної речовини бактерій.

Реакція (1) показує характер окислення речовини для задоволення енергетичних потреб клітини (катаболізм), реакція (2) для синтезу модельної речовини (анаболізм). Витрати кисню на ці реакції складають БСК<sub>повн</sub> стічної води. Реакції (3) і (4) характеризують перетворення модельної речовини в умовах нестачі поживних речовин. Загальний витрата кисню на всі 4 реакції приблизно вдвічі більше, ніж на (1) і (2) [12].

Велика кількість біохімічних реакцій відбувається за допомогою коферменту А (або КоА, КоА-SH кофермент ацетилювання). Кофермент А є похідним b-меркаптоетиламідом пантотенової кислоти і нуклеотиду аденозин-3,5-дифосфата ( $C_{21}H_{36}O_{16}P_3S$ ) з молекулярною масою 767,56. КоА активує карбонові кислоти, утворюючи з ними ацилпохідні КоА [12].

Легко окислюються бензойна кислота, етиловий і аміловий спирти, гліколі, гліцерин, анілін, складні ефіри та ін. Погано окислюються нітросполуки, «жорсткі» ПАР, трьохатомні спирти та ін. Наявність функціональних груп збільшує здатність до біологічного руйнування з'єднань в такій послідовності:

—CH<sub>3</sub>; —OOCCH<sub>3</sub>; —CHO; —CH<sub>2</sub>OH; —CHOH; —COOH; —CN; —NH<sub>2</sub>; —OHCOOH; —SO<sub>3</sub>H[12,2].

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

### 2.1.2. Схема перебігу процесів у аеробному стабілізаторі

Аеробна стабілізація осадів стічних вод полягає в процесі окислення ендогенних і екзогенних органічних субстратів в аеробних умовах. На відміну від анаеробного зброджування, аеробна стабілізація протікає в одну стадію. Аеробній стабілізації може піддаватися неущільнений і ущільнений надлишковий активний мул і його суміш з осадам первинних відстійників. При стабілізації тільки активного мулу процес можна розглядати як завершальну стадію очищення стічних вод, коли при мінімумі розчинених поживних речовин відбувається самоокислення речовин мікроорганізмів. Ступінь розпаду органічної речовини і тривалість процесу залежать від співвідношення кількостей сирого осаду і активного мулу, концентрації органічних речовин, інтенсивності аерації, температури та ін[17].

Процес аеробної стабілізації зазвичай відбувається в психрофільно-мезофільній зоні життєдіяльності мікроорганізмів при температурі від 10 до 42 °С і уповільнюється при температурі менше 8°С [12].

Ступінь розпаду органічних речовин змінюється в середньому від 10 до 50%, при цьому жири розпадаються на 65—75 %, білки на 20—30 %, а вуглеводи практично не розпадаються. У процесі аеробного стабілізації при мезофільних температурах спостерігається на 70—90 % зниження вмісту кишкової палички та інших патогенних бактерій і вірусів, проте яйця гельмінтів при цьому не гинуть. Тривалість процесу від 2 до 5 діб для неущільненого мулу, 6-7 діб для суміші неущільненого мулу і осаду з первинних відстійників, до 8-12 діб для суміші ущільненого мулу і осаду[17].

Аеробна стабілізація опадів проводиться зазвичай в спорудах типу аеротенків глибиною 3-5 м. Використання інших ємностей, побудованих на станціях аерації, наприклад переобладнаних відстійників, ущільнювачів і невикористаних метантенків, може привести до погіршення ефективності процесу і збільшення витрати електроенергії. Відстоювання і ущільнення

аеробно-стабілізованого осаду слід проводити протягом 1,5-5 год в окремо розташованих мулоущільнювачах або в спеціально виділеній зоні всередині стабілізатора[19].

					<i>ЕКБ.БЕ6121.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

## 2.2 Характеристика кінцевого продукту

Кінцевий продукт – очищена стічна вода з концентраціями забруднень  $БСК_{повн}=11,77 \text{ мг/дм}^3$ ,  $C_{зр}=7,5 \text{ мг/дм}^3$ . Контроль концентрації показників забруднення проводиться на виході очищеної води після очисних споруд, а також перед біологічним очищенням, які не мають перевищувати допустимі норми.

Таблиця 2.2 Норми скиду стічних вод у міську каналізаційну систему та природну водойму[1]

Показники	Скид у міську каналізацію Концентрація в мг/дм <sup>3</sup>	Скид у водойму Концентрація в мг/дм <sup>3</sup>
Завислі речовини	<300	< 20
БСК	< 350	< 15
ХПК	-	< 75
Азот	< 150	< 10
Хром	< 2,5	< 0,2
Сульфіди(S <sup>2-</sup> )	< 1,0	< 0,1
Феноли	< 5	< 0,1
Жири	< 60	-
Кисень	-	5
pH	6-10	6,5-8,5
Температура °C	< 40	< 30

Терміни та визначення основних понять у галузі використання та охорони води, які застосовуються в науці, техніці та на виробництві встановлюються за нормами ДСТУ.

Регулюється очищена стічна вода ДСТУ 3041-95 Державний стандарт України . Система стандартів у галузі охорони навколишнього середовища та раціонального використання ресурсів. Гідросфера. Використання і охорона води. Чинний від 01.07.1996 [1].

					<i>ЕКБ.БЕ6121.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



## РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Сировина та матеріали

Таблиця 3.1 Сировина та матеріали, що задіяні у комплексному біологічному очищенні

Назва					Параметри контролю якості					Показник, що перевіряється					
Виробничі СВ хутряної фабрики					ДБН В.2.5-75:2013 правила прийому стічних вод до міської системи водовідведення					Витрата стічних вод; Біохімічний споживчий коефіцієнт; Концентрація завислих речовин; СПАР; Вміст жирів					
Господарсько – побутові стічні води міста Ужгород					Загальні регламентовані технічні правила водовідведення; Основні положення проектування заДБН В.2.5-75:2013					Витрата стічних вод Біохімічний споживчий коефіцієнт; Концентрація завислих речовин; СПАР; Вміст жирів					
Осад					СанПіН 2.1.7.57396					Патогенні мікроорганізми; Яйця гельмінтів; Вміст органічної речовини;					
										Зольність.					
										ЕКБ.БЕ6121.ДП					
Змн.	Арк.	№ докум.		Підпис	Дата						Стадія	Арк.	Акрушів		
Разроб.		Ціпчук В.Я.													
Конс.						ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА									
											41			77	
Керів.		Садлій Л.А.													
Затверд.											КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ				

Активний мул	За ДСТУ 2569-94 ВОДОПОСТАЧАННЯ І КАНАЛІЗАЦІЯ.	Аналіз біоценозу активного мулу
Гашене вапно	ДСТУ 1692-95	Вміст СаО
Хлорна вода	ДСТУ 1692-95	Вміст хлор-газу

### 3.2 Опис технологічного процесу біологічного очищення стічних вод міста і хутряної фабрики

Представлена технологія очищення стічних вод міста Ужгород і хутряної фабрики, витрата стічних вод 56800 м<sup>3</sup>/добу.

ДР1 Підготовка аераційного повітря повітря.

Для підготовки повітря, що буде подаватись в споруди, необхідно провести 4 основних операції:

- стиснення повітря, з метою подолання опору повітроводів та арматури;
- видалення пилу та інших завислих у повітрі часточок.
- регуляція температури та вологості;

ДР1.1 Забір повітря з атмосфери.

Здійснюється забір атмосферного повітря із використанням труб, точка забору 4-6 м вище рівня землі.

ДР 1.2 Фільтрування повітря.

Фільтрування повітря крізь волокнистий фільтр із затриманням пилу, механічних часточок. Фільтрувальним матеріалом - тканина Петрянова (ФПП15-30) максимальний діаметр часток, що затримуються - 1,5 мкм, ефективність очищення - 98%. Контроль ефективності очищення [15].

ДР 1.3 Компресування повітря .

Для компресування повітря використовуються повітродувки -стиснення повітря до 2,5 бар.

На даній стадії проводять щогодини технологічний контроль тиску.

Очищене, компресоване повітря постійно подається до аеротенку та аеробного стабілізатора.

ДР 2 Підготовка хлорної води.

Виготовлення здійснюється із застосуванням хлор-газу і його змішуванню із водопровідною водою наслідком чого є утворення суміші - хлорної води. Хлор-газ подається на очисну станцію в балонах чи контейнерах ( під надлишковим тиском, у рідкому стані). Через слабку розчинність рідкого

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

хлору його переводять у газоподібний стан, а після цього розчиняють у водопровідній воді[16].

Згідно з ДБН В.2.5-75:2013 розрахункова доза активного хлору, що застосовується для біологічного очищення стічних вод становить  $3 \text{ г/м}^3$ . На даній стадії здійснюється технологічний контроль - концентрація активного хлору у воді.

#### ДР 3 Підготовка розчину коагулянту.

При обробці надлишкового активного мулу та осадів стічних вод, в якості коагулянту використовують - хлорид заліза (III) марки Б, що виробляється в Україні згідно ТУ 6-18-33-85.  $C = 10 \%$ ,

ДР 4 Підготовка розчину гашеного вапна для коригування рН процесу коагуляції осадів  $C = 15 \%$ ,.

#### ТП 5 Стадія механічної очистки СВ.

##### ТП 5.1 Проціджування СВ через решітки.

Решітки є першочерговим елементом для затримання сміття, що міститься у стічних водах, встановлюються в розширених каналах перед пісковловлювачами. Швидкість потоку рідини крізь апарат становит -  $0,8-1,0 \text{ м/с}$ . Передбачається встановлення типових решіток з механічним очищенням типу РМУ-1. Відходи скидаються у вихідний лоток. Частота обертів електродвигуна, що приводить у рух граблі механічної решітки  $n=1450 \text{ об/хв}$ . Кількість прозорів у решітці - 21, а їх розмір - 16 мм. Пропускна здатність - до  $80000 \text{ м}^3/\text{добу}$ [13]. На даному етапі здійснюється технологічний контроль пропускної здатності ґраток, що свідчить про ступінь контамінації ґраток крупними затриманими часточками сміття[18].

##### ТП 5.2 Очищення на пісковловлювачах.

Пісковловлювачі є обов'язковим елементом очисних споруд після решіток, оскільки пісок та інші важкі мінеральні речовини негативно впливають на роботу відстійників, інших очисних споруд, та насосних станцій. Оптимальна швидкість руху води в горизонтальних пісכולовках  $0,15-0,3 \text{ м/с}$ , гідравлічна крупність затриманого піску складає  $18,7-24,2 \text{ м/с}$ , на виході з пісכולовок кожна

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

секція обладнана гідравлічним затвором. Для видалення піску секції пісколовок обладнані скребковим механізмом, за допомогою якого пісок згрібається з днища та підводиться до бункера, що розташований на початку секції. Видалення піску із бункера здійснюється періодично (двічі на добу) гідроелеватором. Насосна станція пісколовок, в якій встановлено 2 насоси марки Д200/95 забезпечує гідроелеватор робочою водою із відповідного каналу після вторинних відстійників [16].

Піскова пульпа видаляється на піскові майданчики, які являють собою дренавані обваловані ділянки. Вони розташовуються близько до пісколовок. Дренажна вода з піскових майданчиків перекачується насосами в голову очисних споруд[15].

#### ТП 5.3 Очищення в первинних відстійниках.

Стічні води вміщують у значній кількості завислі речовини - нерозчинні грубодисперсні домішки з густиною, більшою за густину води, які знаходяться у завислому стані. Для запобігання підвищеному приросту активного мулу в аеротенках концентрація завислих речовин в стічних водах перед цією спорудою не повинна перевищувати -150 мг/л. Ефективність видалення завислих речовин становить 53 %. Радіальні відстійники мають діаметр 24 м, діаметр розподільного пристрою 1.6 м, гідравлічна глибина 3.4 м. Концентрація завислих речовин 318 мг/дм<sup>3</sup> [7].

#### ТП 6 Стадія біологічної очистки.

##### ТП 6.1 Очистка стічних вод в аеротенку.

За схемою активний мул подається безпосередньо на вхід в аеротенк, туди ж подається і підлягає біологічному очищенню стічна вода після первинного відстоювання. З ТП 4.3 вода подається на очищення в аеротенк з регенерацією активного мулу. До аеротенку підводиться стиснуте повітря від повітродувної станції для аерування суміші і підтримки АМ у завислому стані. Повітря подається зі стадії ДР1. Найбільш часто аеротенк влаштовується у вигляді прямокутного резервуара, розділеного поздовжніми перегородками на окремі коридори шириною 4-9 м, по яким мулова суміш протікає від входу в аеротенк

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

до виходу з нього при постійному перемішуванні та насиченні киснем. На цій стадії контролюється інтенсивність аерації, рН стічної води і температура двічі на добу[2].

#### ТП 7 Відстоювання у вторинних відстійниках.

З ТП 7.1 вода із надлишковим активним мулом потрапляє до розподільного каналу вторинних відстійників, а потім на розподільчу чашу кожної групи відстійників і через водозлив з широким порогом – до самих відстійників. Відстоювання відбувається протягом 1,5 годин. Рециркулюючий активний мул повертається на вхід до аеротенку ТП 5.1. Надлишковий активний мул, що накопичується у вторинному відстійнику вилучається і направляється на стадію ПВ 10.1 [16].

#### ТП 8 Доочищення в біологічних ставках.

Для доведення БСКповн. до норм скиду стічної воді у річку застосовуються біологічні ставки. Це споруди прямокутної форми найчастіше 1 -1,5 м глибиною. Тривалість доочистки становить 2 доби [7].

#### ТП 9 Знезараження очищеної стічної води.

ТП 9.1 Змішування води з активним хлором (у вигляді хлорної води) у змішувачі, а потім знезараження її в контактному резервуарі. Знезараження води проводиться шляхом обробки побутових стічних вод хлорною водою із стадії ДР 2. Час контакту стічної води з активним хлором становить 30 хв. Контролюються усі показники за нормами спуску вод у природні водойми: С (активного хлору) не більше = 1,5 мг/м<sup>3</sup>, Де приріст С (зав. р-н) у водоймі І категорії комунально-побутового водокористування до 0,25 мг/дм<sup>3</sup>, рН = 6,5-8,5. Очищена вода після хлорування скидається у водойму [7].

#### ПВ 10 Обробка надлишкового активного мулу та осаду.

ПВ 10.1 Аеробна стабілізація надлишкового активного мулу і осаду з первинних відстійників Аеробна стабілізація осадів полягає в тривалій аерації в спорудах типу аеротенків, в результаті чого відбувається розкладання значної частини органічних речовин до кінцевих продуктів, тим самим втрачають

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

здатність до загнивання. Біохімічному розпаду піддається біля 65-80% беззольної речовини активного мулу.

#### ПВ 10.2 Ущільнення стабілізованого осаду.

Для зниження вологості стабілізованого осаду передбачена стадія ущільнення. Осад під дією сили гравітації осідає на дно споруди та видаляється насосом на подальшу обробку. Тривалість ущільнення  $t_u=5$  годин. Мулова вода поступає до ТП 5.1 [7].

#### ПВ 10.3 Дегельмінтизація ущільненого осаду.

Дегельмінтизація ущільненого осаду відбувається за рахунок підвищення температури. Відбувається загибель яєць гельмінтів, а також пригнічення розвитку патогенних мікроорганізмів та вірусів. Реакція проводиться в камері дегельмінтизації, яка устаткована з лопатевими мішалками [8].

ПВ 10.4 Коагуляція ущільненого осаду В якості реагенту для коагуляції використовуємо 10%-ий попередньо підготовлений на стадії ДР3 розчин хлориду заліза (III), що взаємодіє з гашеним вапном з ДР4 для коригування рН, а тим самим стимуляції ефективної коагуляції, з утворенням пластівців гідроксиду заліза (III), що з'єднується з частинками осаду та осідають [14].

#### ПВ 10.5 Зневоднення осаду на фільтр-пресах.

Після попередньої обробки осад подається на фільтр-преси. Фільтрування здійснюється через фільтрувальну тканину „бельтинг”, яка закріплюється на пластмасових рамках, ущільнення яких досягається гідроциліндром з ручним приводом. Тиск фільтрації 0,3 мПа Осад затримується на фільтрі, після зняття тиску струшується з фільтрувальної тканини в пересувний контейнер.

Результатом фільтрації є фільтрат з мінімальною кількістю завислих речовин та зневоднений осад з вологістю 70-85%. Фільтрат відводиться в голову очисних споруд .

#### ПВ 11 Підсушування осаду на аварійних мулових майданчиках.

У випадку аварії на станції механічного зневоднення для підсушування осаду зі стадії ПВ 10 передбачені мулові майданчики на 20% від річної кількості осаду, що надходить на станцію. Осад на вивезення [17].

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

ПВ 12 Підсушування на піскових майданчиках.

На майданчики поступає піщана пульпа від ТП 4.2, яка після зневоднення підлягає вивезенню.

					<i>ЕКБ.БЕ6121.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48



### 3.3. Контроль виробництва

Для того щоб забезпечити ефективність процесу очищення, необхідно забезпечити контроль на всіх основних стадіях очищення стічної води – методом відбору проб. Даний моніторинг якості, допоможе вчасно виявити відхилення від допустимих норм, знайти причину несправності обладнання чи недотримання регламенту[24].

Таблиця 3. Контроль відбору проб під час  
біологічного очищення стічних вод

Об'єкт контролю	Параметр контролю	Періодичність вимірів	Норми та відхилення	Місце забору проби	Метод аналізу
Стічна вода на вході до очисних споруд	Витрати стічних вод, м <sup>3</sup> /добу	Один раз на добу	56800 ±3%	Резервуар перед очисними спорудами	Вимір заповнення акустичним витратоміром
Стічна вода після механічного очищення	pH	Один раз на добу	6,5-8,5	Стічна вода після решіток	Вимірювання pH-електрометром
Стічна вода після механічного очищення	Температура	Один раз на добу	Не вище 40°C	Стічна вода після решіток	Вимір температури води за допомогою термометра технічного

Стічна вода після механічного очищення	Завислі речовини	Один раз на добу	<319 мг/дм <sup>3</sup>	Стічна вода після решіток	Вимірювання за допомогою гравіметричного методу
Стічна вода після механічного очищення	БСК <sub>повн</sub>	2 рази на тиждень	<375 мг/дм <sup>3</sup>	Стічна вода після решіток	Класичним методом відбору проби з титруванням після інкубації n днів
Стічна вода після механічного очищення	Жири	1 раз на добу	<60 мг/дм <sup>3</sup>	після решіток	За допомогою аналізатора. Фотоколориметра
Стічна вода після первинного відстійника	БСК <sub>повн</sub>	1 раз на добу	< 337 мг/дм <sup>3</sup>	Після відстоювання у первинних відстійниках	Класичним методом відбору проби з титруванням після інкубації n днів
Стічна вода після первинного відстійника	Завислі речовини	1 раз на добу	< 150 мг/дм <sup>3</sup>	Після відстоювання у первинних відстійниках	Вимірювання за допомогою гравіметричного методу

Осад після первинних відстійників	Вологість осаду	1 раз на добу	95%.	Після відстоювання у первинних відстійниках	Визначення за допомогою відстоювання
Стічна вода після аеротенку	БСК <sub>повн</sub>	1 раз на добу	До 300 мг/дм <sup>3</sup>	Після аеротенку	Класичним методом відбору проби з титруванням після інкубації n днів
Стічна вода після вторинного відстійника	Осад	1 раз на добу	~ 15 % від загально го об'єму стічних вод	При відстоюванні вторинному відстійнику	Визначення за допомогою методу відстоювання
Стічна вода після вторинного відстійника	Завислі речовини	1 раз на добу	15-20 мг/дм <sup>3</sup>	Після Відстоювання у вторинному відстійнику	Вимірювання за допомогою гравіметричного методу
Очищена стічна вода	БСК <sub>повн</sub>	1 раз на добу	15 мг/дм <sup>3</sup>	Після очисних споруд	Визначення за стандартним методом споживання кисню

Очищена стічна вода	Завислі речовини	1 раз на добу	15 мг/дм <sup>3</sup>	Після очисних споруд	Вимірювання за допомогою гравіметрично го методу
---------------------------	---------------------	------------------	--------------------------	----------------------------	-----------------------------------------------------------

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

### 3.4 Матеріальний баланс

Розрахунок за завислими речовинами:

- Концентрація завислих речовин на вході у первинний відстійник

$$C_{\text{вх}}=318 \text{ мг/дм}^3$$

- Витрата стічної води яка надходить у споруду  $Q = 2366 \text{ м}^3/\text{год}$

Визначаємо їх масу  $Q = 2366 \text{ м}^3/\text{год}$

$$M_{\text{св}} = Q \cdot \rho_{\text{св}} = 2366 \cdot 1000 = 2366000 \text{ кг/год}$$

де  $\rho_{\text{св}}$  - густина стічної води , що дорівнює  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

Визначаємо баланс завислих речовин на вході у первинні відстійники

$$B_{\text{зр}} = Q \cdot C_{\text{сум. зр}} = 2366000 \cdot 0,318 = 752,338 \text{ кг/год}$$

- концентрація завислих речовин на виході зі споруди,  $C_{\text{вих}} = 150 \text{ мг/дм}^3$

- Витрата осаду що затримується в первинних відстійниках -  
 $10,53 \text{ т/добу} = 428,75 \text{ кг/год}$

Визначаємо баланс завислих речовин на виході з первинних відстійників

$$B_{\text{зр}} = 2366000 \cdot 0,150 = 324,900 \text{ кг/год}$$

$$C_{\text{вх}} \cdot Q = C_{\text{вих}} \cdot Q + Q_{\text{сух}}$$

$$2366000 \cdot 0,318 = 0,150 \cdot 2366000 + 428,75$$

$$752,338 = 428,75 + 324,900$$

$$752,338 = 753,65 \pm 5\%$$

Розрахунок за БСК:

- Концентрація БСК речовин на вході у первинний відстійник

$$C_{\text{вх}}=350 \text{ мг/дм}^3$$

- Витрата стічної води яка надходить у споруду  $Q = 2366 \text{ м}^3/\text{год}$

Визначаємо їх масу  $Q = 2366 \text{ м}^3/\text{год}$

$$M_{\text{св}} = Q \cdot \rho_{\text{св}} = 2366 \cdot 1000 = 2366000 \text{ кг/год}$$

де  $\rho_{\text{св}}$  - густина стічної води , що дорівнює  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Визначаємо баланс БСК на вході у первинні відстійники

$$V_{\text{зр}} = Q \cdot C_{\text{сум.}} = 2366000 \cdot 0,350 = 828,100 \text{ кг/год}$$

➤ концентрація БСК на виході зі споруди,  $C_{\text{вих}} = 337 \text{ мг/дм}^3$

➤ Витрата БСК – 10% що затримується в первинних відстійниках -  
 $350 - 337 = 13$

$$V_{\text{зр}} = Q_o \cdot C = 2366000 \cdot 0,013 = 30758 \text{ кг/год}$$

Визначаємо баланс завислих речовин на виході з первинних відстійників

$$V_{\text{зр}} = 2366000 \cdot 0,337 = 797,342 \text{ кг/год}$$

$$C_{\text{вх}} \cdot Q = C_{\text{вих}} \cdot Q + Q_o$$

$$2366000 \cdot 0,350 = 0,013 \cdot 2366000 + 0,337 \cdot 2366000$$

$$828,100 = 30758 + 797,342$$

$$828,100 = 825,100$$

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

## РОЗДІЛ 4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

### 4.1 Розрахункові витрати стічних вод

Згідно завдання середня витрата стічних вод міста і фабрики складає:

$$Q_{\text{сер.год}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}}{24} = \frac{56800}{24} = 2366 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.1)$$

Середньосекундна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сер.с.}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}}{24 \cdot 3600} = \frac{56800}{24 \cdot 3600} = 0,657 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (4.2)$$

Середньосекундна витрата в  $\text{дм}^3$  становить:

$$q_{\text{сер.с.}} = Q_{\text{сер.с.}} \cdot 1000 = 0,657 \cdot 1000 = 657 \text{ дм}^3/\text{с}. \quad (4.3)$$

Максимальна та мінімальні секундні витрати стічних вод становлять:

$$q_{\text{max.с.}} = K_{\text{max.}} \cdot q_{\text{сер.с.}} = 1,49 \cdot 657 = 978,93 \text{ дм}^3/\text{с}. \quad (4.4)$$

$$q_{\text{min.с.}} = K_{\text{min.}} \cdot q_{\text{сер.с.}} = 0,667 \cdot 657 = 438,22 \text{ дм}^3/\text{с}. \quad (4.5)$$

де  $q_{\text{сер.с.}}$  – середньосекундна витрата господарсько-побутових стічних вод,  $\text{м}^3/\text{доб}$ ;  
 $K_{\text{max}}$  – коефіцієнта нерівномірності водовідведення [7].

Максимальна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{max}} = q_{\text{max.с.}} \cdot 3,6 = 3,6 \cdot 978,93 = 3324,1 \text{ дм}^3/\text{с}.$$

Концентрація забруднень господарсько-побутових стічних вод:

$$C = \frac{a \cdot N}{Q_{\text{поб}}}, \text{ мг/дм}^3, \quad (4.7)$$

де  $a$  – кількість забруднюючих речовин на одного жителя,  $\text{г/доб}$ , яка

					ЕКБ.БЕ6121.ДП		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ		
Розроб.	Ціпук В.Я.						
Конс.							
Керів.	Садлій Л.А.						
Затверд.							
					Стадія	Арк.	Аркушів
						55	77
					КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ		

визначається за [1, табл. 25] і приймається: 65 г/доб завислих речовин, 75 г/доб – БСК<sub>повн</sub>, 2,5 г/доб – ПАР; N – кількість жителів міста, розраховується нижче.;  $Q_{\text{поб}}$  – витрата господарсько-побутових стічних вод, м<sup>3</sup>/доб[7].

Кількість жителів міста:

$$N = \frac{Q_{\text{поб}}}{n_{\text{в}}} \cdot 1000 = \frac{55300}{200} \cdot 1000 = 276\,500 \text{ од.}$$

Де витрата господарсько-побутових стічних вод, м<sup>3</sup>/доб;

- Норма водовідведення на одну людину, яка приймається 200дм<sup>3</sup>/(люд·доб)

Концентрація завислих речовин у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{ЗР}} = \frac{a_{\text{ЗР}} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{65 \cdot 276500}{55300} = 325 \text{ мг/дм}^3. \quad (4.9)$$

Концентрація органічних речовин за БСК<sub>повн</sub> у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{БСК}} = \frac{a_{\text{БСК}} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{75 \cdot 276500}{55300} = 375 \text{ мг/дм}^3. \quad (4.10)$$

Концентрація ПАР у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{ПАР}} = \frac{a_{\text{ПАР}} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{2,5 \cdot 276500}{55300} = 12,2 \text{ мг/дм}^3.$$

Концентрація забруднень у суміші господарсько-побутових та виробничих стічних вод визначається за формулою:

$$C_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{поб}} \cdot Q_{\text{поб}} + C_{\text{вир}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{поб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{ мг/дм}^3, \quad (4.11)$$

де С<sub>вир</sub> – концентрація забруднень у виробничих стічних водах після їх очищення на локальних очисних спорудах: 65 мг/дм<sup>3</sup> завислих речовин, 350 мг/дм<sup>3</sup> – БСК<sub>повн</sub>, 15 мг/дм<sup>3</sup> – ПАР мг/дм<sup>3</sup> []; вир Q – витрата виробничих стічних вод: 1500 м<sup>3</sup>/доб



Концентрація завислих речовин у суміші стічних водах:

$$C_{\text{сум,ЗР}} = \frac{C_{\text{ЗР}} \cdot Q_{\text{ноб}} + C_{\text{вир,ЗР}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{ноб}} + Q_{\text{вир}}} = \frac{325 \cdot 55300 + 65 \cdot 1500}{55300 + 1500} = 318,13 \text{ мг/дм}^3.$$

Концентрація органічних речовин за БСК<sub>повн</sub> у суміші стічних водах:

$$C_{\text{сум,БСК}} = \frac{C_{\text{БСК}} \cdot Q_{\text{ноб}} + C_{\text{вир,БСК}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{ноб}} + Q_{\text{вир}}} = \frac{375 \cdot 55300 + 350 \cdot 1500}{55300 + 1500} = 374,34 \text{ мг/дм}^3.$$

Концентрація ПАР у суміші стічних водах:

$$C_{\text{сум,ПАР}} = \frac{C_{\text{ПАР}} \cdot Q_{\text{ноб}} + C_{\text{вир,ПАР}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{ноб}} + Q_{\text{вир}}} = \frac{12,2 \cdot 55300 + 15 \cdot 1500}{55300 + 1500} = 12,27 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} [1].$$

## 4.2 Розрахунки необхідного ступеня очищення стічних вод

### Розрахунки необхідного ступеню очищення стічних вод

Характеристика річки Уж в яку скидаються стічні води:

- Розрахункова витрата 95% забезпеченості 21 м/с;
- Швидкість течії по розрахунковій витраті 2,1 м/с;
- Середня глибина річки 3,4 м;
- Коефіцієнт звивистості 1,3;
- Вид водокористування: комунально – побутове;
- Концентрація кисню у воді влітку 6,4 мг/дм<sup>3</sup>;
- Концентрація завислих речовин 22 мг/дм<sup>3</sup>;
- БСК<sub>повн</sub> = 4,4 мг/дм<sup>3</sup>;
- Температура води влітку 17°C;

Розрахунок коефіцієнта змішування стічних вод з водою річки Уж [7] .

Коефіцієнт турбулентної дифузії, який показує змішування стічної води з водою річки:

$$E = \frac{V_{\text{ср}} \cdot H_{\text{ср}}}{200} = \frac{2,1 \cdot 3,4}{200} = 0,0357$$

де  $V_{\text{ср}}$  - середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, м/с, прийнято 2,1 м/с ;  $H_{\text{ср}}$  - середня глибина річки на тій же ділянці, м, прийнято 3,4 м [7].

Коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування стічних вод з водою річки:

$$\alpha = \phi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{\text{ср.с.}}}} = 1,3 \cdot 1,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,0357}{0,657}} = 0,74 \quad (4.13)$$

де  $\phi$  - коефіцієнт звивистості річки;  $\xi$  – коефіцієнт, що залежить від місця і конструкції випуску стічних вод у водойму (при русловому випуску становить – 1,5);  $q$  - середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, м<sup>3</sup>/с.

Коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою:

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q}{Q_{\text{сер.с.}}}\right) e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - e^{-0,74 \sqrt[3]{3000}}}{1 + \left(\frac{21}{0,657}\right) e^{-0,75 \sqrt[3]{3000}}} = 0,98 \quad (4.14)$$

де L - відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, Q - розрахункова витрата води в річці при 95% забезпеченості, q - середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, м<sup>3</sup>/с.

Гранично-допустима концентрація завислих речовин в очищеній стічній воді, що скидається у водойму, становить:

$$C_{\text{зр}}^{\text{дон}} = p \cdot \left(\frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{сер.с.}}} + 1\right) + C_{\text{ф}} = 0,25 \cdot \left(\frac{0,98 \cdot 21}{0,657} + 1\right) + 22 = 30,2 \text{ мг/дм}^3, \quad (4.15)$$

де p - приріст концентрації завислих речовин у водоймі після випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup>, становить 0,25 г/м<sup>3</sup> для водойми І категорії комунально – побутового водокористування; C<sub>ф</sub>- фонові концентрації завислих речовин у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup>.

Допустимі значення БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що скидаються у водойму:

$$C_{\text{БСК}}^{\text{дон}} = \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{сер.с.}}} \cdot \left(\frac{C_{\text{БСК}}^{\text{н}}}{10^{-k \cdot t}} - C_{\text{БСК}}^{\text{ф}}\right) + \frac{C_{\text{БСК}}^{\text{н}}}{10^{-k \cdot t}} = 0,98 \cdot 21 \cdot \left(\frac{4}{10^{-0,1 \cdot 0,016}} - 4,4\right) + \frac{4}{10^{-0,1 \cdot 0,016}} = 11,77 \text{ мг/дм}^3, \quad (4.16)$$

де  $C_{\text{БСК}}^{\text{дон}}$  - значення БСК<sub>повн</sub>, яке повинно бути досягнуто в процесі очищення стічних вод, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{\text{БСК}}^{\text{н}}$  - гранично-допустимі значення БСК<sub>повн</sub> у розрахунковому створі річки, 4 мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{\text{БСК}}^{\text{ф}}$  - фонові значення БСК<sub>повн</sub> у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup> (4,4 мг/дм<sup>3</sup> - згідно завдання); k - константа швидкості споживання кисню у суміші річкової та стічних вод, 0,1 доба<sup>-1</sup> (дод. К, табл. К.1); t - тривалість переміщення води від місця випуску до розрахункового створу становить [1]:

$$t = \frac{L}{V_{cp} \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{3000}{2,1 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,016 \text{ доб} \quad (4.17)$$

де L - відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу.  $V_{cp}$ - середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом [7].

Розрахунок допустимого БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що скидаються у водойму, за розчиненим у воді киснем, без урахування поверхневої реаерації водойми. Потрібна концентрація розчиненого кисню у воді річки для літніх умов буде забезпечена, якщо БСК<sub>повн</sub> стічних вод не буде перевищувати величину [1]:

$$C_{БСК}^{O_2} = \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot Q_{сер.с.}} \cdot ((O_{\phi} - 0,4 \cdot C_{БСК}^{\phi} - O_{min}) - (-\frac{O_{min}}{0,4})) = \frac{0,98 \cdot 21}{0,4 \cdot 0,657} \cdot (6,4 - 0,4 \cdot 4,4 - 4) - \frac{6,4}{0,4} = 36,68 \text{ мг/дм}^3$$

де  $C_{БСК}^{O_2}$  - БСК<sub>повн</sub> стічних вод, яке потрібно досягнути в процесі очищення, мг/дм<sup>3</sup>;  $O_{\phi}$  – фонові концентрації розчиненого кисню у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup>;  $O_{min}$  - найменша концентрація розчиненого кисню, яка повинна бути забезпечена у водоймі, 6,4 мг/дм<sup>3</sup> за [1];  $C_{БСК}^{\phi}$  - фонові значення БСК<sub>повн</sub> у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup>; 0,4 - коефіцієнт для перерахунку БСК<sub>повн</sub> у БСК<sub>2</sub> [7].

За розрахункові значення БСК<sub>повн</sub> приймаємо менше з двох отриманих у попередніх розрахунках – 11,77 мг/дм<sup>3</sup>. Отримані значення концентрації завислих речовин  $C_{зр}^{доп} = 30,2$  мг/дм<sup>3</sup> та значення БСК<sub>повн</sub> = 11,77 мг/дм<sup>3</sup> свідчить про потребу у доочищенні, бо повне біологічне очищення дозволяє досягти значень БСК<sub>повн</sub>=15 мг/дм<sup>3</sup>,  $C_{зр}$ =15 мг/дм<sup>3</sup>. Отже, необхідно спроектувати споруди для доочищення стічних вод, оптимальним рішенням буде проектування біологічного ставку – це відносно дешево та ефективно [1,7].

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

### 4.3. Розрахунок очисних споруд

#### Розрахунок первинних відстійників

Приймається тип відстійника – радіальний, оскільки  $Q \geq 20000 \text{ м}^3 / \text{добу}$  (у даному випадку  $56800 \text{ м}^3$ ). Ефективність відстоювання обумовлюється тим, що на біологічне очищення рекомендується подавати воду з вмістом завислих речовин, який не перевищує  $150 \text{ мг/дм}^3$ . Ефективність видалення завислих речовин у первинних відстійниках обчислюється за формулою [7]:

$$E_{set} = \frac{C_{зр}^п - C_{зр}^к}{C_{зр}^п} \cdot 100\% = \frac{318,13 - 150}{318,13} \cdot 100 = 53 \%, \quad (4.3.1)$$

де  $C_{зр}^п$  - початкова концентрація завислих речовин на вході в споруду  $318,13 \text{ мг/дм}^3$ ;  $C_{зр}^к$  - концентрація завислих речовин на виході зі споруди,  $150 \text{ мг/дм}^3$

Тривалість відстоювання  $t_{set}$  води в залежності від ефекту  $E_{set}$  її освітлення [1]. Шляхом горизонтального та вертикального інтерполювання за табл. вираховуємо значення  $t_{set}$ , яке становить  $t_{set} = 678 \text{ с}$ .

Гідравлічна крупність частинок, які будуть затримуватись у первинних відстійниках, становить:

$$U_o = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot t_{set} \cdot \left( \frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3,0}{1,05 \cdot 678 \left( \frac{0,45 \cdot 3,0}{0,5} \right)^{0,212}} = 1,53 \text{ мм/с}, \quad (4.3.2)$$

де  $K_{set}$  - коефіцієнт використання зони об'єму (для радіального відстійника  $K_{set} = 0,45$  за дод. К, табл. К5);  $H_{set}$  – робоча глибина відстійника об'єму (для радіального відстійника  $H_{set} = 3 \text{ м}$  ( дод. К, табл. К5);  $\alpha$  - коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод,  $1,05$  (дод. К, табл. К.3);  $t_{set}$  – тривалість відстоювання, с;  $h$  – висота циліндра, м ( $0,5 \text{ м}$ );  $n_2$  – показник степеня, який залежить від агломерації частинок, приймається  $0,212$  (дод. К, табл. К.4) [1,7].

Продуктивність первинного радіального відстійника:

$$q_{set} = 2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2)(U_o - v) = \quad (4.3.3)$$

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$= 2,8 \cdot 0,45(24 - 1,6^2)(1,53 - 0) = 1105,5 \text{ м}^3/\text{год},$$

де  $D$  – діаметр відстійника, 24 м;  $d$  – діаметр розподільного пристрою радіального відстійника, 1,6 м (дод. К, табл. К.5);  $v$  – турбулентна складова швидкості руху стічних вод у споруді, приймаємо за 0. (дод. К, табл. К.6) [1].

При визначенні розмірів відстійників доцільно орієнтуватися на розміри типових споруд [3, табл. 12.4-12.6] (дод. К, табл. К.7). Кількість відстійників повинна бути не менша двох. Кількість первинних відстійників визначається за формулою [7]:

$$N = \frac{Q_{\max}}{q_{\text{set}}} = \frac{3324,1}{1105,5} = 3 \text{ шт}, \quad (4.3.4)$$

де  $Q_{\max}$  – максимальна витрата суміші стічних вод,  $\text{м}^3/\text{год}$ .

Приймаємо 3 первинних радіальних відстійника діаметром 24м.

Розраховуємо фактичну продуктивність одного відстійника діаметром 24м:

$$q_{\phi} = \frac{Q_{\max}}{N_{\phi}} = \frac{3354,1}{3} = 1112 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (4.3.5)$$

Фактична гідравлічна крупність затриманих частинок становить:

$$U_o^{\phi} = \frac{q_{\phi}}{2,8 \cdot K_{\text{set}} \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{1112}{2,8 \cdot 0,45 \cdot (24^2 - 1,6^2)} = 1,539 \text{ мм/с}. \quad (4.3.6)$$

Фактична тривалість перебування стічних вод у первинному відстійнику становить:

$$t_{\text{set}}^{\phi} = \frac{1000 \cdot K_{\text{set}} \cdot H_{\text{set}}}{U_o^{\phi} \cdot \alpha \cdot \left( \frac{K_{\text{set}} \cdot H_{\text{set}}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3,0}{1,539 \cdot 1,05 \cdot \left( \frac{0,45 \cdot 3,0}{0,5} \right)^{0,2}} = 677 \text{ с}. \quad (4.3.7)$$

Фактична ефективність прояснення стічних вод при  $C_{\text{поч}}$  і  $t_{\text{set}}^{\phi}$  становить (дод. К, табл. К.1):  $E^{\phi} = 53,1\%$  [1].

При отриманому  $E^{\phi}$  концентрація завислих речовин:

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$C_{зр}^{к,ф} = C_{зр}^п - \frac{E^ф \cdot C_{зр}^п}{100} = 318,13 - \frac{53 \cdot 318,13}{100} = 149,5 \text{ мг/дм}^3. \quad (4.3.8)$$

Таким чином, з проведених розрахунків, приймаємо 3 первинних радіальних відстійника з діаметром 24 м [1].

Маса сухої речовини осаду, що затримується у первинних відстійниках, становить:

$$M_{ос} = \frac{(C_{зр}^п - C_{зр}^{к,ф}) \cdot Q_{сер.доб} \cdot K}{10^6} = \frac{(318,13 - 149,5) \cdot 56800 \cdot 1,1}{10^6} = 10,54 \text{ т/добу}, \quad (4.3.9)$$

де  $Q_{сер.доб}$  - витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/доб;  $K=1,1 \dots 1,2$  – коефіцієнт, що враховує збільшення об'єму осаду за рахунок крупних часток зависі, які не виявляються при відборі проб для аналізу. Приймаємо 1,1 [1,7].

Добовий об'єм осаду:

$$V = \frac{100 \cdot M_{ос}}{100 - W_{ос}} = \frac{100 \cdot 10,54}{100 - 95} = 210,8 \text{ м}^3, \quad (4.3.10)$$

Де  $W_{ос}$  – вологість осаду, 95%.

#### Розрахунок загальної витрати осадів

Для розрахунку аеробного стабілізатора потрібно визначити витрату сухої речовини осаду:

$$O_{сух} = \frac{C_{зр}^{сум} \cdot E \cdot k \cdot Q_{сум.доб}}{10^6} = \frac{318,13 \cdot 0,53 \cdot 1,1 \cdot 56800}{10^6} = 10,53 \text{ т/добу}, \quad (4.3.11)$$

де  $C_{зр}^{сум}$  - концентрація завислих речовин в суміші побутових і виробничих стічних вод міста, мг/дм<sup>3</sup>;  $E$  - ефект затримання завислих речовин у первинних відстійниках, %;  $k$  - коефіцієнт, що враховує крупні частинки, які не уловлюються при відборі проб (рекомендується приймати рівним 1,1-1,2) Приймаємо 1,1[1,7].

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Визначається витрата надлишкового активного мулу:

$$M_{\text{сух}} = \frac{Q_{\text{сум.доб}} \cdot (\Pi - b)}{10^6} = \frac{56800 \cdot (220,7 - 15)}{10^6} \quad (4.3.12)$$

$$= 11,68 \text{ т/доб},$$

де  $\Pi$  - приріст активного мулу, мг/дм<sup>3</sup>;  $b$  - концентрація активного мулу в стічній воді на виході із вторинних відстійників, 15 мг/дм<sup>3</sup> [7].

Приріст активного мулу розраховується за формулою:

$$\Pi = 0,8 \cdot C_{\text{ЗР}}^{\text{к,ф}} + K_{\Pi} \cdot C_{\text{сум,БСК}}^{\text{а}} = 0,8 \cdot 149,5 + 0,3 \cdot 337 = 220,7 \text{ мг/дм}^3, \quad (4.3.13)$$

де  $C_{\text{ЗР}}^{\text{к,ф}}$  - концентрація завислих речовин в стічній воді, що надходить в аеротенк, мг/дм<sup>3</sup>;  $\tilde{N}_{\text{п.о.н.}}^{\text{а}}$  - показник БСК<sub>повн</sub> стічної води, що надходить в аеротенк Згідно ДБН, при первинному відстоюванні БСК<sub>повн</sub> стічних вод потрібно зменшити на 10-15%. Отже на вході в аеротенк БСК<sub>повн</sub> = 337

мг/дм<sup>3</sup>;  $K_{\Pi}$  - коефіцієнт приросту активного мулу, становить 0,3 [7].

Витрату беззольної речовини осаду ( $O_{\text{без}}$ ) та надлишкового активного мулу ( $M_{\text{без}}$ ) визначають за формулами:

$$O_{\text{без}} = \frac{O_{\text{сух}} \cdot (100 - W_{\text{ос}}) \cdot (100 - Z_{\text{ос}})}{10^4} = \quad (4.3.14)$$

$$= \frac{10,53 \cdot (100 - 5) \cdot (100 - 30)}{10^4} = 7 \text{ т/доб},$$

$$M_{\text{без}} = \frac{12,32 \cdot (100 - 5) \cdot (100 - 30)}{10^4} = 8,2 \text{ т/доб}, \quad (4.3.15)$$

де  $W_{\text{ос}}$  та  $W_{\text{м}}$  - гігроскопічна вологість осаду та активного мулу, яка приймається 5-6 % Приймаємо 5%  $Z_{\text{ос}}$  та  $Z_{\text{м}}$  - зольності, відповідно, осаду та активного мулу, які для побутових стічних вод приймають рівними 30%.

Витрати осаду та активного мулу фактичної вологості за умови, що їх густина дорівнює 1 т/м<sup>3</sup>, визначають за формулами [7]:

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot O_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{ос}})} = \frac{100 \cdot 10,53}{(100 - 95)} = 210,6 \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (4.3.16)$$

$$V_{\text{м}} = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{м}})} = \frac{100 \cdot 11,68}{(100 - 99,4)} = 1946,67 \frac{\text{м}^3}{\text{доб}}, \quad (4.3.17)$$

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64



де  $W_{oc}$  - вологість осаду, яка приймається: при самопливному видаленні – 95 %,  $W_m$ - вологість ущільненого мулу – 99,4 % [1, табл. 58] [1].

Вміст сухої речовини у осаді:

$$S_{сух} = O_{сух} + M_{сух} = 10,53 + 11,68 = 22,21 \text{ т/доб.} \quad (4.3.18)$$

Вміст беззольної речовини осади:

$$S_{без} = O_{без} + M_{без} = 7 + 8,2 = 15,2 \text{ т/доб.} \quad (4.3.19)$$

Загальна витрата осаду та активного мулу буде складати:

$$V_{заг} = V_{oc} + V_m = 210,6 + 1946,67 = 2157 \text{ м}^3/\text{доб.} \quad (4.3.20)$$

Загальна вологість суміші осаду та активного мулу буде дорівнювати [7]:

$$W_{заг} = 100 \cdot \left(1 - \frac{22,85}{2157}\right) = 98,9\%. \quad (4.3.21)$$

Загальна зольність суміші осаду та активного мулу буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} Z_{заг} &= \left[1 - \frac{S_{без}}{O_{сух} \cdot \left(\frac{100 - B_{oc}}{100}\right) + M_{сух} \cdot \left(\frac{100 - B_m}{100}\right)}\right] \cdot 100 = \\ &= \left[1 - \frac{15,2}{10,53 \cdot \left(\frac{100 - 5}{100}\right) + 11,68 \cdot \left(\frac{100 - 5}{100}\right)}\right] \cdot 100 \\ &= 30,8 \%. \end{aligned} \quad (4.3.22)$$

Розрахунок аеробного стабілізатора

Розрахунковий об'єм аеробного стабілізатора складає:

$$V_{ac} = V_{заг} \cdot t_{ac} = 2157 \cdot 6 = 12,942 \text{ м}^3 \quad (4.3.23)$$

де  $t_{ac}$  - тривалість стабілізації осаду при температурі, яка приймається рівною мінімальній середньомісячній  $t=17,5^\circ\text{C}$  стічних вод приймається 6 діб [1].

При розпаді в процесі аеробної стабілізації 40 % беззольної речовини осадів (X) маса сухої речовини аеробно стабілізованого осаду складе [1,7]:

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

$$M_{\text{сух}}^{\text{ас}} = S_{\text{сух}} - S_{\text{без}} \cdot \frac{(100 - X)}{100} = 22,21 - 15,2 \cdot \frac{(100 - 40)}{100} = 4,2 \text{ т/доб.} \quad (4.3.24)$$

Ущільнення аеробно стабілізованого осаду доцільно здійснювати у спеціально виділеній зоні в середині аеробного стабілізатора[7].

Об'єм зони ущільнення осаду при цьому складе:

$$V_{\text{з.у.}} = V_{\text{заг.}} \cdot t_{\text{у}} = 2157 \cdot 0,208 = 448,7 \text{ м}^3, \quad (4.3.25)$$

де  $t_{\text{у}}$  - тривалість ущільнення аеробно стабілізованого осаду, яка приймається не більше 5 годин [1, п. 6.367], діб.

Аеробну стабілізацію влаштовують у спорудах типу коридорних аеротенків [9].

Обираємо аеробний стабілізатор за ТП 902-2-179 з такими параметрами :

- Робочий об'єм секції,  $\text{м}^3$  – 6968;
- Довжина секції, м – 6;
- Ширина коридору м - 6 ;
- Робоча глибина, м - 4,4;
- Число коридорів, шт - 4;

Кількість секцій аеробного стабілізатора (не менше двох) при цьому складе [7]:

$$N_{\text{ас}} = \frac{(V_{\text{ас}} + V_{\text{з.у.}})}{V_1} = \frac{(12,942 + 448,7)}{6968} = 2 \text{ шт}, \quad (4.3.26)$$

де  $V_1$  - об'єм однієї секції аеробного стабілізатора,  $\text{м}^3$ .

Фактичний сумарний об'єм аеробного стабілізатора при цьому складе [7]:

$$V_{\text{а.с.}}^{\Phi} = (V_1 \cdot N_{\text{а.с.}}^{\Phi}) - V_{\text{з.у.}}, \text{ м}^3 = V_{\text{а.с.}}^{\Phi} = (6968 \cdot 2) - 448,7 = 13487,3 \text{ м}^3, \quad (4.3.27)$$

де  $N_{\text{а.с.}}^{\Phi}$  - прийнята кількість секцій аеробного стабілізатора.

Витрата повітря, що подається в аеробний стабілізатор, повинна складати:

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

$$Q_{\text{пов.}}^{\text{а.с.}} = V_{\text{а.с.}}^{\Phi} \cdot q_{\text{ас}} = 13487,3 \cdot 2 = 26974,6 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.3.28)$$

де  $q_{\text{а.с.}}$  - питома витрата повітря,  $\text{м}^3/\text{год}$  на  $1 \text{ м}^3$  об'єму аеробного стабілізатора. Приймається рівною  $1-2 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^3)$  Приймаємо  $2 \text{ м}^3$  у залежності від вологості суміші осаду і надлишкового активного мулу -  $98,9\%$  , відповідно [1, п. 6.366] [1].

Інтенсивність аерації при цьому складає:

$$I = \frac{Q_{\text{пов.}}^{\text{а.с.}} \cdot H}{V_{\text{а.с.}}^{\Phi}} = \frac{26974,6 \cdot 4,4}{13487,3} = 8,8 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}), \quad (4.3.29)$$

де  $H$  - гідравлічна глибина аеробного стабілізатора, м, яка дорівнює гідравлічній глибині аеротенка [7].

Інтенсивність аерації в аеробному стабілізаторі не повинна бути меншою  $6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$  [1, п. 6.366] [1].

Витрата ущільненого аеробно стабілізованого осаду складає:

$$V_{\text{заг.}}^y = \frac{M_{\text{сух.}}^{\text{а.с.}} \cdot 100}{100 - W_{\text{а.с.}}^y} = \frac{4,2 \cdot 100}{100 - 96,5} = 120 \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (4.3.30)$$

де  $W_{\text{а.с.}}^{\circ} = 96,5-98,5 \%$  - вологість ущільненого аеробно стабілізованого осаду (приймаємо  $96,5$ ) [1, п. 6.367].

Мулова вода направляється в аеротенки у кількості [7]:

$$V_{\text{м.в.}} = V_{\text{ас}} - V_{\text{заг.}}^y = 13487,3 - 120 = 13367,3 \text{ м}^3/\text{доб.} \quad (4.3.31)$$

## РОЗДІЛ 5. БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Безпека праці на виробництві - це сукупність стандартів та заходів, які необхідно використовувати для мінімізації нещасних випадків на підприємстві.

Завдання охорони праці полягає в тому, щоб мінімізувати ймовірність того, що робітник може бути поранений під впливом небезпечного виробничого фактору або хвороби під впливом шкідливого виробничого фактору, забезпечуючи при цьому комфортні умови з максимальною продуктивністю. Закон України "Про охорону праці" характеризує основні положення щодо здійснення конституційного права громадян на захист свого життя та здоров'я у процесі зайнятості; регулює відносини між адміністрацією та працівником незалежно від форми власності; встановлення єдиного порядку організації охорони праці в Україні [21].

Охорона природного середовища, доцільне використання природних ресурсів, гарантія екологічної безпеки людського життя - невіддільна умова сталого економічного та соціального розвитку України.

Відносини у галузі охорони навколишнього природного середовища в Україні регулюються Законом України про охорону навколишнього природного середовища, а також відповідно до нього[20].

Основними принципами охорони навколишнього природного середовища є (стаття 3 Закону):

- пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язкове дотримання екологічних норм, правил та обмежень щодо використання природних ресурсів при здійсненні господарської, управлінської та інших видів діяльності;
- гарантування безпечного для життя та здоров'я людини середовища;
- профілактичний характер природоохоронних заходів;
- озеленення матеріального виробництва на основі комплексних рішень у

					ЕКБ.БЕ6121.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Ціпук В.Я.						
Конс.							68	77
Керів.		Садлій Л.А.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

галузі охорони довкілля, використання та відтворення відновлюваних природних ресурсів, широке впровадження нових технологій;

- обов'язкова екологічна експертиза;
- гласність і демократичність у процесі прийняття рішень, реалізація яких впливає на стан довкілля, формування екологічної перспективи населення на населення;
- науково обґрунтований поділ впливу економічної та іншої діяльності на навколишнє середовище;
- відшкодування шкоди, заподіяної порушенням екологічного законодавства;
- запровадження екологічного податку, плати за спеціальне використання води, плати за спеціальне використання лісових ресурсів, плати за користування надрами відповідно до податкового кодексу України

Законодавство України встановлює стандарти використання природних ресурсів та інші екологічні стандарти.

Екологічні стандарти визначають максимально дозволені викиди та скиди забруднюючих речовин у навколишнє середовище, рівні допустимого шкідливого впливу фізичних та біологічних факторів (стаття 33 Закону).

Норми гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у навколишньому середовищі та рівень шкідливого фізичного та біологічного впливу на нього однакові для всієї території України[21].

Підприємства, установи та організації, діяльність яких пов'язана зі шкідливим впливом на навколишнє середовище, незалежно від часу їх введення в експлуатацію, повинні бути обладнані спорудами, пристроями та обладнаннями для очищення викидів або скидів або їх знешкодження, які зменшують вплив шкідливих факторів, а також контролювати кількість та склад забруднюючих речовин та характеристики шкідливих факторів (стаття 51 Закону)[20].

					ЕКБ.БЕ6121.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті на підставі опрацьованих джерел було обґрунтовано та обрано технологію очистки стічних вод хутряної фабрики та міста Ужгород, а також спроектовано споруду для обробки осадів – аеробний стабілізатор. Результатом курсового проекту є виконані завдання:

- Наведена характеристика виробничих стічних вод хутряної фабрики.
- Обґрунтовано та обрано технологію локального очищення виробничих стічних вод хутряної фабрики з доведенням якості очищеної води до норм їх скиду до міської мережі водовідведення.
- Обґрунтовано та обрано технологію біологічного очищення стічних вод міста Ужгород і хутряної фабрики.
- Був проведений розрахунок показників стічних вод та гранично-допустимих концентрацій забруднюючих речовин в очищеній воді перед її скидом (ГДС) у річку Уж.
- Розраховано очисні споруди технології та запроектовано споруду – аеробний стабілізатор.
- Виконано креслення технологічної і апаратурної схеми, аеробного стабілізатора на А1.

					ЕКБ.БЕ6121.ДП		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розроб.	Ціпчук В.Я.						
Канс.							
Керів.	Садліїв Л.А.						
Затверд.							
					Стадія	Арк.	Аркушів
						70	77
					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		

## ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Мін. регіонального розвитку та житловокомунального господарства України, 2013. – 96 с
2. Саблій Л. А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: Монографія. – Рівне: НУВГП, 2013. – 291 с.
3. Ціпук, В. Я. Саблій Л.А. /Аналіз методів очищення стічних вод від іонів важких металів // Екологічні біотехнології та біоенергетика : матеріали науково-практичного семінару присвяченого 120-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського (м. Київ, 14 грудня 2018 р.). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – С. 87–91. – Бібліогр.: 7 назв.
4. Ціпук В. Я. Аналіз методів очищення стічних вод шкіряно-хутряних виробництв від важких металів / В. Я. Ціпук, Л. А. Саблій // Інноваційні матеріали та технології шкіряно-хутрового виробництва : збірник тез IV Міжнародного науково-практичного семінару (5 грудня 2018 р., м. Київ) / упор.: О. Р. Мокроусова, О. А. Андреева, О. А. Охмат, Л. А. Майстренко. – Київ : КНУТД, 2018. – С. 110-112.
5. Ціпук В.Я., Саблій Л.А. АНАЛІЗ І ПРОБЛЕМИ БІОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД/Матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Біотехнологія ХХІ століття» присвяченої 135-річчю від дня народження Олександра Володимировича Палладіна (для студентів, аспірантів і молодих вчених) 20 травня 2020 року м.Київ. – С. 162-163
6. Л.О. Штриплинг, Ф.П. Туренко Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов Учебное пособие – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. – 192 с.

					ЕКБ. БЕ61.21 ДП	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Біотехнологія очищення води» напряму підготовки 6.051401 – біотехнологія, Електронне видання . Уклад.: Саблій Л.А, Бойчук С.Д., Жукова В. С. – К.: НТУУ «КПІ», 2013.- 58с.
8. Общая химическая технология: Учебн. для техн. Вузов / А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен. – 2-е изд., испр. И доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 520 с.
9. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод / В. А. Ковальчук – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», – 2002. – 622 с. – ISBN 966-7358-24-0.
- 10.Саблій Л.А. Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні і управління безпекою праці. Підручник / Під. ред. Л. А. Саблій. – Рівне: НУВГП, 2016. – 356 с.
- 11.Гудков, А. Г. Биологическая очистка городских сточных вод / А. Г. Гудков. — Вологда: ВоГТУ, 2002. — 127 с.
- 12.А. П. Карманов, И. Н. Полина ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД Учебное пособие Сыктывкар 2015
- 13.Т. С. Айрапетян КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З ДИСЦИПЛІН «ОЧИСТКА ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД» та «СПОРУДИ ТА ОБЛАДНАННЯ ВОДОВІДВЕДЕННЯ» (Модуль 2. ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД) (для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво» (спеціальність «Водопостачання та водовідведення») та 6.060103 – «Гідротехніка (Водні ресурси)» Харків – ХНУМГ – 2014
- 14.Кафедра биотехнологии Е.Д. Гельфанд доктор технических наук, профессор Основы биологической очистки сточных вод .Лекция для студентов,
- 15.Колобанов С. К., Ершов А. В., Кигель М. Е. Проектирование очистных сооружений канализации. - Киев, «Будівельник», 1977. – 224 с. Зм. Арк. № докум. Підпис Дата Арк. 44 ЕКБ.БЕ6116.ПЗ.

					ЕКБ. БЕ61.21 ДП	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- 16.Гіроль М. М. Технології водовідведення промислових підприємств: Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 625 с.
- 17.Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.:Стройиздат, 1982. – 223 с.
- 18.Яковлев С. В. Канализация. Учебник для вузов. Изд. 5-е. / С. В. Яковлев, Я.А. Карелин, А. И. Жуков. – М.:Стройиздат, 1975. - 632 с.
- 19.Голубовська Е. К. Біологічні основи очистки води. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – М.:Вища школа, 1978. - 268 с.
- 20.© ТзОВ Науково-дослідне виробниче підприємство Екологія 79057, м. Львів, вул. Антоновича, 128 – Інтернет джерело.
- 21.Закон України “Про охорону праці” / Законодавство України про охорону праці. - К. Нова редакція 2002 р. 2.
- 22.Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” – К.: Україна. – 1991. - 59 с. ( з усіма редакціями до 2017 року)
- 23.Шалбуев Дм.В./Методическое указание к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 28.10.00 «Технология кожи и меха» и специализации 8.10.01. «Экология производств кожи, меха и предприятий бытового обслуживания»// Улан-Удэ 2001 г.
- 24.ВОДООТВЕДЕНИЕ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД (часть I) курс лекций для студентов специальности «Инженерные системы сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения и водоотведения» Краснодар, 2007.
25. Федоров В.Е. РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КОЖЕВЕННЫХ И МЕХОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.

					ЕКБ. БЕ61.21 ДП	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Специфікація обладнання

Позиція	Позначення	Найменування	К- сть	Маса кг	Примітки
1	2	3	4	5	6
ПЗ-1		Повітрязабірник, діаметр труби 300 мм, висота складає 4 м.	2		Збірний
Ф-2		Фільтр попередньої очистки, ефективність очищення складає 85%	4		Збірний
В-3		Повітродувка потужністю 250 кВт, продуктивність 140 м <sup>3</sup> /хв	2		Збірний
Н-5, Н-7, Н- 9		Насос відцентровий			Збірний
Р-4		Реактор для приготування хлорної води з пневматичним перемішуванням, місткістю 5 м <sup>3</sup> .	2		Нержавіюча сталь 12Х18Н10 Т
Р-6		Реактор для приготування розчину коагулянта з мішалкою, місткістю 5 м <sup>3</sup> .	2		Нержавіюча сталь 12Х18Н10 Т

					ЕКБ. БЕ61.21 ДП	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Р-8		Реактор для приготування гашеного вапна з мішалкою, місткістю 5 м <sup>3</sup> .	2		Нержавіюча сталь 12Х18Н10 Т
РД-10	РММВ-1000	Решітки-дробарки зі швидкість потоку 0,9 м/с, розмір прорізів 0,016 м. Пропускна здатність більше 60%.	2	1690	Збірний
П-11		Пісковловлювач з середньою швидкістю руху 0,3 м <sup>3</sup> /добу	2		Збірний
В-12		Первинний відстійник радіальний з діаметром розподільчого пристрою 1,6 м, гідравлічна глибина 4,4, висота зони осаду 0,3 м. Тривалість відстоювання 678 с.	3		Збірний
А-13		Аеротенк глибиною 4,4 м, аерація - 3 г/дм <sup>3</sup> . Система аерації глибиннонапірного типу.	2		Збірний

					ЕКБ. БЕ61.21 ДП	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В-14		Вторинний відстійник, діаметром 24 м, глибина 2 м.	4		Збірний
С-15		Біологічний ставок розміром 0,4 га, глибина 1 м.	3		Збірний
Р-16		Реактор для змішування хлорної води зі стічною типу «Лоток Паршала» широною 600 м, довжиною 13,63 м.	2		Неіржав. сталь 12Х18Н10 Т
КР-17		Контактний резервуар глибиною 3,2 м, широною 6 м, з продуктивністю 65 тис. м3/доб	2		Збірний
АС-18		Аеробний стабілізатор з робочим об'ємом секції 6968 м3, довжина секції 66 м, ширина коридору 6 м, робоча глибина 4,4 м, кількість секцій 2 шт.	1		Збірний
МУ-19		Мулоущільнювач з тривалістю ущільнення 4 год, вологість ущільненого осаду 95%	4		Збірний
КД-20		Камера дегільмінтизації довжиною 4 м,	2		Неіржав. сталь

					ЕКБ. БЕ61.21 ДП	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		шириною 1,2 м, продуктивність 0,5 м3/год			12X18H10 Т
Ф-21		Стрічковий фільтр-прес з потужністю 3 кВт, шириною стрічок 900 мм, швидкість стрічок 7 м/хв.	8		Збірний
ММ-22		Аварійний муловий майданчик, вологість осаду 70-80%.	2		
ПМ-23		Пісковий майданчик для підсушування піщаної пульпи. Навантаження 3 м3/м2	2		

					ЕКБ. БЕ61.21 ДП	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		